

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II
DIPARTIMENTO DI GIURISPRUDENZA



TESI DI DOTTORATO
IN
“DIRITTI UMANI. TEORIA, STORIA E PRASSI”
XXXV° ciclo

Settore scientifico-disciplinare
IUS/20 – Filosofia del diritto

VERSO UN’INTELLIGENZA ARTIFICIALE
ANTROPOCENTRICA
MOVING TOWARD A HUMAN-CENTRIC ARTIFICIAL
INTELLIGENCE

Coordinatore:

Ch.mo Prof.re Antonio Cavaliere

Tutor:

Ch.mo Prof. Francesco Romeo

Candidato:

Dott. Francesco Giuseppe Sacco

ANNO ACCADEMICO 2022/2023

INDICE

INTRODUZIONE	3
CAPITOLO I - DAL PENSIERO UMANO AL PENSIERO ARTIFICIALE: ESPLORAZIONE DELLE ORIGINI E DELLE PREMESSE	
1. Gli albori del pensiero dell'intelligenza artificiale	10
2. Il calcolo del linguaggio in Llull e Leibniz	12
3. Dalla meccanica della mente alle leggi del pensiero	15
4. L'imperfezione della matematica. Dai fondamenti logici di Frege al teorema di incompletezza di Gödel	22
5. L'impianto embrionale dell'informatica	35
6. Lo sviluppo dei calcolatori in elaboratori	39
CAPITOLO II - LA DISCIPLINA DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE	
1. L'anticamera degli studi di intelligenza artificiale	51
2. Il pensiero artificiale: il gioco dell'imitazione di Alan Turing	59
3. Le conseguenze dell'influenza di Turing: l'intelligenza artificiale diventa scienza autonoma	67
4. Le prime critiche all'intelligenza artificiale	83
5. Il ruolo degli agenti nella risoluzione di problemi specifici attraverso l'utilizzo dell'intelligenza artificiale	92
6. L'odierno stato dell'arte. Prime riflessioni	101
CAPITOLO III - INTELLIGENZA ARTIFICIALE FRA SCIENZE DURE E SCIENZE UMANE	
1. L'evoluzione dell'intelligenza artificiale. Un'introduzione	109
2. Il tempo e lo spazio dell'intelligenza artificiale	113
3. La riontologizzazione dell'essere umano e del suo mondo	127
4. Le 'leggi naturali' dell'iperstoria	134

5. Il ruolo personale del dato	140
6. Dal dato all'informazione	147
7. Il rischio della perdita di significato per l'identità	154
8. Il mito antropocentrico, o meglio antropomorfo, che obnubila il giurista	165
9. La fine per l'inizio. Una breve conclusione	176
BIBLIOGRAFIA	178
SITOGRAFIA	208

INTRODUZIONE

Nel corso della storia e del proprio vivere, l'essere umano è il protagonista di molteplici eventi che si sono susseguiti in diverse fasi. In ciascuna di queste è sempre stato presente il diritto che non vive il mondo, bensì convive con l'essere umano nel mondo. Il diritto, infatti, attraverso l'uomo, pensa e costruisce il mondo¹. Lo costruisce attraverso un percorso che giunge ad una modernità giuridica in cui la volontà dell'uomo diviene unico fattore della decisione, unico fattore della creazione del diritto. Per il filosofo Natalino Irti, la decisione della volontà è autonoma e non riconosce nulla al di sopra o dietro di sé. Questo significa che la volontà umana non percepisce né un ordine cosmico né interpreta una saggezza eterna; le norme sono emanate nella solitudine della decisione umana².

Di per sé i fatti non hanno valore giuridico, fino a quando non si decide di pensarli entro schemi di un dato insieme di norme³; insieme di norme che, però, non deve essere inteso in maniera statica, bensì adattiva di una società che oramai muove dinamiche mutevoli ad elevata velocità; né tantomeno, però, questo insieme di norme può restare vacuo di quei fatti che già di per sé contengono uno schema proprio.

Per rendere questo concetto concreto, si potrebbe affermare che 'non posso normare l'intelligenza artificiale se non conosco come funziona l'intelligenza artificiale'. Sicuramente questo esempio potrebbe portare ad affermare che quanto non è preventivabile non può essere diritto. Riconoscere l'importanza dei fatti nella costruzione del diritto implica anche

¹ N. Irti, *Riconoscersi nella parola*, il Mulino, 2020, p.10.

² Così l'autore: "[...] modernità giuridica. Dicemmo, sul principio di queste pagine, che la parola 'modernità' fu coniata e usata da Charles Baudelaire nel 1859 per indicare la capacità dell'artista «di vedere nel deserto della metropoli non solo la decadenza dell'uomo, ma anche di avvertire una misteriosa bellezza fino allora non scoperta». Allargata al diritto, essa dice la solitudine della volontà umana, che, abbandonata dagli Dei e non più sorretta da natura o schiarita da ragione, raggiunge un'assoluta sincerità dinanzi a sé stessa. Non può più mentirsi né ingannarsi. Cadute le garanzie di natura o di ragione, il diritto si aggrappa a principi intra-mondani: spirito del popolo, unità dei codici, Stato nazionale, ideologie politiche, e via seguitando. Ma essi si rivelano per ciò che sono: criteri storici ed effimeri, proiezioni della volontà che ha bisogno di appoggiarsi a qualcosa di 'vero' e di stabile". Cit. N. Irti, *Nichilismo giuridico*, Il saggiaiore, 2014, p. 23.

³ N. Irti, *op. cit.*, 2020, pp. 272.

evitare il rischio di attendere un consolidarsi dei fatti che potrebbe non essere in linea con una visione dinamica della società e del diritto. Pertanto, è essenziale adottare un approccio che consenta di integrare costantemente nuove informazioni e adattare le norme di conseguenza, al fine di rispecchiare adeguatamente le mutevoli dinamiche della società. Quello che importa, infatti, è il ruolo che il diritto deve assumere, ovvero sia il diritto deve garantire quell'ordine sociale (forse utopistico) in cui gli esseri umani possano realizzare sé stessi nel rispetto degli altri esseri umani, che parafrasato potrebbe essere reso come 'il diritto deve garantire i diritti'.

In questa ricerca si vuole, dunque, analizzare quale direzione stia prendendo il diritto in relazione ad alcuni aspetti delle cosiddette 'nuove tecnologie', provando a dare quello che può, e deve, essere un contributo all'attuale situazione.

Altro elemento significativo nella storia dell'essere umano, infatti, parallelamente al diritto, è stato lo sviluppo della tecnologia, la quale influisce sulla società modellandola e viceversa. A ben vedere partendo dalla definizione di tecnologia, per essa si intende quel "*Vasto settore di ricerca (la ricerca tecnologica), composto da diverse discipline (per cui, spesso, si usa il plurale tecnologie), che ha come oggetto l'applicazione e l'uso degli strumenti tecnici in senso lato, ossia di tutto ciò (ivi comprese le conoscenze matematiche, informatiche, scientifiche) che può essere applicato alla soluzione di problemi pratici, all'ottimizzazione delle procedure, alla presa di decisioni, alla scelta di strategie finalizzate a determinati obiettivi*"⁴. Tecnologia e diritto, finiscono per intrecciarsi e sovrapporsi allorquando vengano intesi come strumenti attraverso cui l'essere umano cerca di migliorare la propria condizione ed il proprio stile di vita all'interno di un contesto sociale; laddove il diritto deve provare a definire gli argini in cui lo sviluppo tecnologico si muove. Lo spunto parte da diversi provvedimenti in materia di intelligenza artificiale che gli organi dell'Unione Europea hanno predisposto o stanno predisponendo al fine di

⁴ Cfr. voce *Tecnologia*, in 'Vocabolario on-line Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/vocabolario/tecnologia>

far fronte a quella che viene definita una trasformazione digitale antropocentrica⁵.

A ben vedere, il rischio di un eccessivo dominio tecnologico finisce per condizionare l'essere umano, portandolo a perdere di vista la propria essenza. Infatti, le spinte verso una razionalità tecnica, proprie dell'economia capitalistica, sembrano orientare la stessa produzione normativa verso obiettivi economici anziché giuridici. Questa visione, condivisa filosoficamente, è definita sempre da Irti come nichilismo giuridico. Il nichilismo giuridico rappresenta una nuova fase della modernità in cui un'incessante produzione normativa rileva una perdita di ogni centro da parte del diritto. L'unico centro riconosciuto diviene lo stesso essere umano, che si erge ad unica 'fonte del diritto', cristallizzando in sé più statici obiettivi rispetto a dinamiche tutele. La produzione normativa, in questo contesto, diviene un atto di volontà obbligatorio, deciso e sostenuto dalla volontà umana e dal potere umano, caratterizzato da mutevolezza e precarietà. Questa volontà ha la caratteristica dell'imponenza, in quanto proveniente da una forza dominante ed influente, ovvero da una maggioranza o da un processo decisionale, espresso attraverso un processo politico o di voto. In particolare, nelle società democratiche, sono i partiti politici a svolgere il ruolo di mediatori tra le varie volontà dei cittadini. Una volta che una volontà proposta viene accettata attraverso il processo decisionale, diventa vincolante e imponente per la società nel suo complesso. Così come a livello individuale, nelle transazioni di mercato, si definiscono transazioni, nelle decisioni collettive democratiche si prendono decisioni di matrice individuale, scevre di presupposti solidi o di istanze⁶.

Sorge dunque la necessità di trovare strade alternative a questo smarrimento giuridico, in quanto oramai nessuna norma si erge come una

⁵ Definizione di una dichiarazione europea sui diritti e i principi digitali. COM (2022) 27final del 26.01.2022, p. 1.

⁶ «Il nichilismo giuridico appare in tutta la sua terribile lucidità. «Se i grandi principi non hanno fondamento, se la legge non esprime nient'altro che una disposizione provvisoria, essa non è fatta oramai se non per essere elusa o per essere imposta»; «Dall'istante in cui i principi eterni saranno messi in dubbio assieme alla virtù formale, la ragione si metterà in moto, non riferendosi più ad altro che ai propri successi. Vorrà regnare, negando tutto ciò che è stato, affermando tutto ciò che sarà». La storia dell'uomo si affida alle rivoluzioni nichilistiche del Novecento". Cit. N. Irti, *op. cit.*, 2014, pp. 87 – 88.

verità assoluta ed incondizionata; piuttosto, le norme emergono da complessi meccanismi produttivi, senza un fondamento solido, e vengono spinte nel vuoto dell'incertezza interpretativa. In questo Irti vede il carattere essenziale del nichilismo giuridico. Il diritto non ha più un fine ma solo obiettivi, ha perso quel fine di collante sociale.

A questo punto, prima di addentrarci nel mondo della cosiddetta intelligenza artificiale, al fine di provare a rappresentare meno volontà ed individualità, è importante tenere in considerazione tutti quei fattori che a questa disciplina hanno condotto ma in particolar modo cosa si voglia intendere attraverso l'espressione 'intelligenza artificiale'. Infatti, sebbene la prima volta l'utilizzo del lemma intelligenza artificiale sia ufficialmente attribuibile a John McCarthy (1927 – 2011)⁷ nel 1955, in occasione dell'organizzazione del *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*⁸, come si avrà inoltre modo di approfondire più avanti nel testo, l'idea di un'intelligenza artificiale nasce molti secoli prima.

È possibile addirittura azzardare che la nascita di un'intelligenza artificiale nasca nel momento esatto in cui il primo essere umano si sia iniziato a porre domande introspettive sul proprio essere, su come 'funziona', imitando a sua immagine macchine funzionali fino a giungere all'immaginarsi dunque una macchina, o dispositivo, pensante⁹.

⁷ Informatico statunitense, inventore tra l'altro del Lisp, una delle prime famiglie di linguaggi di programmazione utilizzati nel campo dell'intelligenza artificiale.

⁸ Il '*Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*' è stato un workshop estivo del 1956, in cui diverse personalità del mondo accademico e scientifico si riunirono per discutere di quello che è diventato il campo dell'intelligenza artificiale.

⁹ Su questo concetto de 'l'uomo macchina' cfr. J. O. De La Mettrie, *L'uomo macchina*, Mimesis, 2015, pp. 82. L'autore, medico e filosofo francese vissuto tra il 1709 ed il 1751, fu il primo ad esporre la tesi considerante l'essere umano come un automa dotato di energia propria. Questo scritto va ad inserirsi in quella filosofia meccanicistica che tende a considerare "Ogni concezione che consideri l'accadere, tanto fisico quanto spirituale, come il prodotto di una pura causalità meccanica e non preordinato a una superiore finalità". Cit. voce *Meccanicismo*, in 'Enciclopedia on-line Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/meccanicismo>. Per approfondimenti si vedano tra gli altri: B. Cavarra, V. Rasini (a cura di), *Meccanicismo. Riflessioni interdisciplinari su un paradigma teorico*, Meltemi, 2019, pp. 258; S. Dellantonio, R. Job, *La natura della spiegazione scientifica. Alcune riflessioni su neurocentrismo, meccanicismo, riduzionismo e determinismo*, in 'Giornale italiano di psicologia', n. 1-2, 2015, pp.117 – 122; A.G. Manno, *Logica e scienze: forme di logica attuale, meccanicismo e teleologia*, Ed. Dehoniane, 1981, pp. 467.

Quello dell'intelligenza artificiale è infatti un campo multidisciplinare laddove è necessario definire innanzitutto l'ambito di azione; ambito di azione che, essendo quell'intelligenza umana, richiede di analizzare cosa effettivamente s'intenda per intelligenza e come questa funzioni.

Sul concetto di intelligenza mi limito in questa fase a riprendere la seguente definizione: *“Complesso di facoltà psichiche e mentali che consentono all'uomo di pensare, comprendere o spiegare i fatti o le azioni, elaborare modelli astratti della realtà, intendere e farsi intendere dagli altri, giudicare, e lo rendono insieme capace di adattarsi a situazioni nuove e di modificare la situazione stessa quando questa presenta ostacoli all'adattamento; propria dell'uomo, in cui si sviluppa gradualmente a partire dall'infanzia e in cui è accompagnata dalla consapevolezza e dall'autoconsapevolezza, è riconosciuta anche, entro certi limiti”*¹⁰.

Tuttavia, sembra essere soddisfacente come definizione, anche se, purtroppo, non è possibile adottarla come univoca in quanto, nonostante l'essere umano abbia iniziato a cercare di comprendere da migliaia di anni quali siano tutte le caratteristiche che lo contraddistinguono e che gli permettono di 'funzionare', non si è ancora riusciti ad ottenere una risposta

¹⁰ Relativamente alla definizione a. cfr. Voce *Intelligenza*, in 'Vocabolario online Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/vocabolario/intelligenza/>; in aggiunta la voce intera “Con uso assol., attitudine a intendere bene, con facilità e prontezza (cfr. l'agg. intelligente): dare prova d'i.; si fida troppo della sua i.; vantarsi della propria intelligenza. Per estens., il modo intelligente, la perizia, l'ingegnosità con cui si svolge una mansione o si compie un lavoro: è un articolo scritto con i., con molta i.; l'impianto è fatto con i.; condurre con i. le trattative; ha sempre eseguito con i. tutti gli incarichi affidatigli. c. Lo spirito stesso, o l'uomo, in quanto intende: verità, nozioni, concetti accessibili a tutte le intelligenze. Più concretam., persona di grande capacità, prontezza e vivacità intellettuale: è una bella i.; era una delle migliori i. del suo tempo. Nel linguaggio della teologia scolastica: la prima I., Dio; le i. celesti, o assol. le I., gli angeli: sostanze separate da materia, cioè Intelligenze, le quali la vulgare gente chiamano Angeli (Dante). d. In cibernetica, i. artificiale (traduz. dell'ingl. artificial intelligence), riproduzione parziale dell'attività intellettuale propria dell'uomo (con partic. riguardo ai processi di apprendimento, di riconoscimento, di scelta) realizzata o attraverso l'elaborazione di modelli ideali, o, concretamente, con la messa a punto di macchine che utilizzano per lo più a tale fine elaboratori elettronici (per questo detti cervelli elettronici)”. Cfr. voce *Intelligenza*, in 'Vocabolario Devoto-Oli', Le Monnier, 1978, per cui l'i. è definita quale “Capacità di attribuire un conveniente significato pratico o concettuale ai vari momenti della esperienza o della contingenza”. Quest'ultima definizione, sebbene datata, appare, per chi scrive, maggiormente aperta a spunti riflessivi in quanto contiene il lemma significato; infatti, questo possiamo definirlo come “l'informazione che causa l'azione della struttura di elaborazione secondo regole definite nella struttura stessa e non, o non solo, nei dati di input provenienti dall'esterno di un sistema cognitivo” come da cit. F. Romeo, *Lezioni di logica ed informatica giuridica*, Giappichelli Editore, 2012, p. 41.

capace di accordare tutti e che possa coinvolgere tutti gli aspetti e le caratteristiche riguardanti.

Tanto premesso, l'analisi sopra descritta è da introduzione al lavoro che sarà sviluppato cercando di utilizzare differenti approcci nel seguente modo.

Nel primo capitolo, si affronta un'analisi prettamente di natura storica e storiografica, frutto di una narrazione intesa nel far emergere come l'ambito degli studi inerenti all'intelligenza artificiale abbia origine da diverse domande introspettive dell'essere umano: 'Perché e come pensiamo?'. L'obiettivo di voler simulare tale caratteristica ha di fatto portato a numerose scoperte scientifiche apparentemente e ciecamente distanti dagli studi giuridici, ma che in realtà nascondono una serie di implicazioni fondamentali, qualora si voglia comprendere appieno l'ambito di questi studi. Ad esempio, non limitando il discorso al giurista Leibnitz, gli studi di Gödel, prima, e Turing, poi, sebbene di matrice matematica, rivelano interpretazioni filosofiche su come potrebbe essere letta la realtà alla base delle nuove tecnologie.

In sostanza, essi dimostrano come sia necessario guardare oltre ogni singola teoria per capire appieno il quadro generale. Questo concetto può essere applicato al campo generalmente inteso del diritto, dove si potrebbe considerare una prospettiva più ampia per comprendere completamente le diverse leggi e le norme. Utilizzando questo approccio, è possibile esaminare i sistemi giuridici più specifici per trovare le loro peculiarità e le sfide interne. Questo potrebbe aiutare nel migliorare la formulazione delle leggi e la loro applicazione pratica.

Nel secondo capitolo, la narrazione continua a partire da quando il termine intelligenza artificiale è stato utilizzato per la prima volta, esplorando le tappe storiche principali e le relative scoperte tecnologiche che hanno contribuito alla sua evoluzione. Parallelamente, vengono esaminate le diverse correnti filosofiche che nel corso del tempo hanno cercato di definirne l'ambito di ricerca e gli obiettivi da raggiungere. Si evidenziano le sfide concettuali e gli approcci teorici che hanno guidato il

dibattito intorno a questo campo multidisciplinare. Il percorso narrativo si snoda fino agli odierni utilizzi pratici di questi strumenti di intelligenza artificiale.

Infatti, questo lavoro consente di poter fornire una definizione più precisa del fenomeno, suggerendo, inoltre, di utilizzare una diversa nomenclatura per identificare questi strumenti di natura simulativa, introducendo, infatti, il concetto di sistema cognitivo artificiale. Questa espressione appare maggiormente pertinente, in particolar modo, per evitare quel impasse concettuale legato alla nozione stessa di intelligenza, aprendo la strada a una comprensione più chiara e condivisa del campo dell'intelligenza artificiale, nonché cercando di non far distogliere l'attenzione da quelle che sono le vere sfide che potranno coinvolgere in un prossimo futuro il mondo giuridico e l'intera umanità.

Infine, il terzo capitolo è dedicato completamente al cogliere ed evidenziare tutte quelle problematiche giusfilosofiche riguardanti l'intelligenza artificiale. Questo capitolo si propone di cogliere ed evidenziare le questioni fondamentali attraverso una prospettiva interdisciplinare, combinando gli approcci della filosofia del diritto e delle scienze cognitive. In particolare, si esplorano le dimensioni informazionali, la coscienza artificiale e le connessioni tra mente e corpo, rappresentando come paradigmi consolidati sono oggetto di una nuova ontologizzazione. Infatti, la ricerca verso quella che viene definita intelligenza artificiale antropocentrica rileva un approccio non del tutto convincente sia da un punto di vista filosofico che proprio della scelta giuridica. Una soluzione potrebbe però essere rappresentata dal fare in modo che come i principi matematici influiscano gli strumenti di intelligenza artificiale, così quelli giuridici hanno la necessità di essere effettivamente tenuti in considerazione, promuovendo un approccio cosiddetto *by design*.

CAPITOLO I

Dal Pensiero Umano al Pensiero Artificiale: Esplorazione delle Origini e delle Premesse

1. Gli albori del pensiero dell'intelligenza artificiale

Il pensiero umano, e di conseguenza l'intelligenza¹¹, ha compiuto un percorso storico lungo e complesso, di cui è difficile stabilire con esattezza quando e come individuare una genesi del pensiero umano. Tuttavia, è chiaro che questo si sia evoluto nel tempo e sia stato plasmato da tutta una serie di fattori, tra cui influenze biologiche, culturali ed ambientali. Per comprendere appieno il percorso che ha condotto all'attuale concezione di intelligenza artificiale nell'era digitale, è necessario compiere un viaggio nel tempo. Questo percorso è stato guidato da ideali e visioni che si sono sviluppati nel corso degli anni, influenzati dall'evoluzione della società. Tornando indietro nel tempo, si sono potuti osservare i cambiamenti e le trasformazioni che hanno plasmato la nostra comprensione e le nostre aspettative nei confronti dell'intelligenza artificiale. È proprio l'intero contesto storico e culturale che ha contribuito a definire il modo in cui al giorno d'oggi percepiamo ed utilizziamo la cosiddetta intelligenza artificiale nell'era digitale.

Il pensiero nasce intrinsecamente con l'essere umano. Uno dei primi esempi conosciuti di pensiero umano, infatti, è rinvenibile già sulle pitture rupestri ed in altri manufatti creati dai primi esseri umani; queste suggeriscono che i nostri antenati erano già allora capaci di pensiero astratto e di rappresentazione simbolica¹². In seguito, con lo sviluppo delle società

¹¹ Di cui si avrà modo farne una distinzione.

¹² Cfr. S. Lilliu, *L'immagine del pensiero. L'aura della figura tra antropologia e filosofia*, in 'Nóema - Rivista online di filosofia', n. 2, 2011, pp. 96, in <https://riviste.unimi.it/index.php/noema/article/view/2102/2332>.

umane, si è sviluppata anche la nostra capacità di pensare e ragionare, la quale ha trovato diretta applicazione nella filosofia e con diretta conseguenza nella logica, ovverosia nello studio del pensiero corretto e delle leggi che governano il funzionamento della mente.

Tra i primi pensatori ad avere affrontato l'argomento, infatti, non è possibile non accennare ad Aristotele (384/383 a.C. – 322 a.C.). Egli sostenne che il pensiero consistesse in un processo naturale, essenziale per il funzionamento della mente, e che fosse attraverso il pensiero che la mente potesse comprendere il mondo e prendere decisioni razionali. A sostegno di questa sua tesi, il filosofo greco studiò e cercò di formulare leggi del pensiero valide indipendentemente dalla veridicità del discorso analizzato. Infatti, lo Stagirita è universalmente riconosciuto quale “*il fondatore della scienza della logica, volta all'indagine delle forme di discorso valide indipendentemente dai contenuti specifici del discorso stesso*”¹³; logica concepita come studio scientifico del pensiero che trova forma attraverso i diversi elementi del linguaggio, quali termini, proposizioni e argomentazioni, e nelle leggi che ne vanno a regolare l'utilizzo. Attraverso di essa, o meglio attraverso i sillogismi, premesse iniziali date, è possibile meccanicamente ottenere conclusioni valide, avvantaggiandosi dell'utilizzo di schemi di deduzione. La logica, il ragionamento e la natura della mente s'intrecciano continuamente nelle opere del filosofo greco, contraddistinguendone il pensiero in ciascun argomento trattato, rendendolo per questo universale¹⁴. Il pensiero aristotelico, infatti, rappresenta solo una

¹³ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2012, p. 13.

¹⁴ Cfr. B. Botter, *È possibile una filosofia della mente in Aristotele?*, in ‘Philosophos - Revista de Filosofia’, vol. 15, n. 1, 2010, pp. 49 – 86; G. Fassò, *Storia della filosofia del diritto*, Editori Laterza, vol. 1, 2001, pp. 60 – 75; C. A. Viano, *La logica di Aristotele e la scienza contemporanea*, in ‘Giornale degli Economisti e Annali di Economia’ vol. 11, n. 7/8, 1952, pp. 457 – 485; ID., *Studi sulla logica di Aristotele: l'orizzonte linguistico della logica aristotelica*, in ‘Rivista Critica di Storia della Filosofia’, vol. 9, n. 1, 1954, pp. 5 – 37; ID., *Sillogismo ed esperienza nella logica aristotelica*, in ‘Rivista Critica di Storia della Filosofia’ vol. 9, n. 5, 1954, pp. 433 – 455; voce *Aristotele*, in ‘Enciclopedia on-line Treccani’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/aristotele/>; voce *Aristotele*, in ‘Vocabolario filosofico Treccani’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2009, in https://www.treccani.it/enciclopedia/aristotele_%28Dizionario-di-filosofia%29/. In relazione all'argomento oggetto di questo elaborato segnalo come nella teoria aristotelica della schiavitù contenuta nel testo ‘Politica’, è presente il seguente passo “Se ogni strumento riuscisse a compiere la sua funzione o dietro un comando o prevedendolo in anticipo e, come dicono che fanno la statue

delle prime tappe di questo percorso che ci condurrà verso la realizzazione di quella che è ai giorni d'oggi chiamata intelligenza artificiale.

2. *Il calcolo del linguaggio in Llull e Leibniz*

Ulteriore importante tassello di questo puzzle lo rappresenta, nel XIII secolo, il pensiero e le opere del filosofo spagnolo Ramon Llull (italianizzato Raimondo Lullo, 1232 – 1316). Egli, in seguito alla propria conversione al cristianesimo, iniziò a pensare alla realizzazione di un metodo per poter creare un discorso universale in grado di convertire gli infedeli proprio alla religione cristiana. Partendo proprio dagli studi aristotelici sulla distinzione dei principi comuni ad ogni scienza e dei principi propri di ciascuna, il filosofo spagnolo tentò di trovare una scienza generale tale che, nei principi di questa, fossero contenuti i principi di tutte le scienze particolari; l'intenzione era stata dunque quella di creare uno strumento per elaborare e mettere in relazione tramite calcoli i ragionamenti umani. L'*Ars magna* (o arte generale ultima) di Lullo, del 1308, delinea una forma di analisi ed argomentazione basata sullo scomporre le proposizioni linguistiche in proposizioni atomiche, tali che potessero essere espresse

di Dedalo o i tripodi di Efesto i quali, a sentire il poeta, «entrano di proprio impulso nel consesso divino», così anche le spole tessessero da sé e i plettri toccassero la cetra, i capi artigiani non avrebbero davvero bisogno di subordinati, né i padroni di schiavi”. Il passo è rinvenibile in Aristotele, *Politica*, I, 4, 1253 b. Sebbene Aristotele non paia sicuro di questi strumenti, da diverse fonti si apprende della presenza già nell'antico mondo greco di questo tipo di tecnologie ovvero degli automi meccanici. Inoltre, intorno al 350 a.C. circa, risale il primo 'drone' della storia ad opera di Archita di Crotona, il quale realizzò una colomba di legno meccanica. Ulteriori testimonianze giungono anche dalla Cina dove vi è testimonianza di un automa dalle fattezze umane, compresi gli organi interni. Ho utilizzato il termine automa in quanto solo nel XX secolo, ad opera dello scrittore e drammaturgo ceco Karel Čapek iniziò ad essere utilizzato il termine robot, dal ceco '*robota*' che è tradotto in italiano come 'lavoro pesante'. Cfr. voce *Automa*, in 'Enciclopedia on-line Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/automa>; voce *Robot*, in 'Enciclopedia on-line Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/robot>; J. Douglas Bruce, *Human Automata in Classical Tradition and Mediaeval Romance*, in 'Modern Philology', vol. 10, n. 4, 1913, pp. 511 – 526; M. G. Losano, *Storie di automi*, Einaudi, 1991, pp. 171.

utilizzando la simbologia dell'aritmetica. Il tutto trovò concretezza in un artefatto meccanico per eseguire dei ragionamenti utili¹⁵.

L'opera computazionale di Lullo nel corso degli anni è divenuta fondamentale per moltissimi filosofi¹⁶, i quali attraverso la logica hanno perseguito l'obiettivo di costruire linguaggi universali tali da poter

¹⁵ “Utilizzando un certo numero di frasi atomiche, Lullo ipotizzò che attraverso l'utilizzo di una serie di ruote su cui erano incise le proposizioni si potesse ottenere automaticamente tutte le verità che scaturivano dalla combinazione di esse. Propose diciotto principi generali fondamentali (Bontà, Grandezza, Eternità, Potenza, Saggezza, Volontà, Virtù, Verità, Gloria, Differenza, Concordanza, Contrarietà, Inizio, Mezzo, Fine, Maggioranza, Uguaglianza e Minoranza), accompagnati da una serie di definizioni, regole e figure per guidare il processo di argomentazione, che si organizza intorno a diverse permutazioni dei principi”. Cit. J. Grey, *Let us Calculate! Leibniz, Llull, and the Computational Imagination*, in ‘The public domain review’, 2016, in <https://publicdomainreview.org/essay/let-us-calculate-leibniz-llull-and-the-computational-imagination/>; per ulteriori informazioni cfr. voce Raimondo Lullo, in ‘Enciclopedia on -line Treccani’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/raimondo-lullo/>; U. Eco, *The search for the perfect language*, Blackwell Publisher Ltd, 1995, pp. 53 – 72; E. Priani, Ramon Llull, in ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2021, in <https://plato.stanford.edu/entries/llull/>; S. Russell e P. Norvig, *Intelligenza artificiale. Un approccio moderno*, vol. 1, Pearson, 2010, p. 9; S. L. Uckelman, *Computing with concepts, computing with numbers Llull, Leibniz, & Boole*, in F. Ferreira, E. Mayordomo, L. M. Gomes (a cura di), *Programs, Proofs, Processes. 6th Conference on Computability in Europe, CiE, 2010, Ponta Delgada, Azores, Portugal, June 30 - July 4, 2010, Proceedings*, Springer, 2010, pp. 427 – 437.

¹⁶ Tra i filosofi che meritano sicuramente attenzione si segnalano i seguenti: Giordano Bruno (1548-1600), con le sue opere sulla mnemotecnica e l'introduzione della cosiddetta logica fantastica; Pierre de la Ramée (italianizzato Pietro Ramo, 1515 – 1572), introdusse ‘*ars disserendi*’, mettendo in relazione il parallelo fra la formazione del pensiero ed il linguaggio al fine di creare una logica dove la memoria ne era parte fondamentale e finendo per far coincidere dialettica e logica. Il pensiero di Ramo sul metodo, sempre basato sulla memoria e sulla sua funzione classificatoria ha, poi, posto i prodromi per il pensiero enciclopedista. Thomas Hobbes (1588 – 1679) ipotizzò che ragionamento e calcolo numerico fossero di natura simile, affermando che anche gli esseri umani eseguono operazioni matematiche elaborando pensieri. René Descartes (italianizzato Renato Cartesio, o più semplicemente Cartesio, 1596 – 1650), fornì la prima discussione sulla separazione fra spirito e corpo, laddove ritenne che “il cervello fosse la sede fisica e meccanica della ricezione ed elaborazione delle sensazioni e della loro comunicazione alla ghiandola pineale, sede dell'anima e quindi del ragionamento e della volontà”. Cit. F. Romeo, *Op. cit.*, 2012, p. 24. Infine, in questa breve e non esaustiva rassegna, è doveroso citare John Wilkins (1614-1672) il quale oltre ad aver approfondito la ricerca di una lingua universale propose un metodo crittografico, andando a correlare questa scienza, la crittologia, con il linguaggio ed il pensiero umano. Per ulteriori informazioni, cfr. N. Bobbio, *Thomas Hobbes*, Giulio Einaudi Editore, 2004, pp. 218; L. De Bernart, *Immaginazione e scienza in Giordano Bruno: l'infinito nelle forme dell'esperienza*, ETS, 1986, pp. 252; U. Eco, *Op. cit.*, 1995; P. Rossi, *Clavis Universalis. Arti mnemoniche e logica combinatoria da Lullo a Leibniz*, Riccardo Ricciardi editore, 1960, pp. 344; P. Rossi, *Studi sul lullismo e sull'arte della memoria nel rinascimento: la memoria artificiale come sezione della logica: Ramo, Bacon, Cartesio*, in ‘Rivista di storia della filosofia’, vol. 15, n. 1, 1960, pp. 22 – 62; S. Russell e P. Norvig, *Op. cit.*, 2010; G. Tonelli Olivieri, *Ideale lulliano e dialettica ramista: le dialecticae institutiones del 1543*, in ‘Annali Della Scuola Normale Superiore Di Pisa. Classe Di Lettere e Filosofia’, vol. 22, n. 3, 1992, pp. 885 – 929; Z. Wang, *The role of iconic practice in Bruno's gnoseology*, in ‘Humanities & Social Sciences Communications’, Palgrave Macmillan, vol. 9, n. 1, 2022, pp. 7.

comprendere e riprodurre il pensiero umano, discostandosi dalla logica intesa aristotelicamente come scienza del discorso.

In particolar modo, il pensiero lulliano ricoprì un'importanza primaria per colui il quale viene considerato uno dei precursori dell'informatica, ovvero quel Gottfried Wilhelm von Leibniz (o più semplicemente Leibniz, 1646 – 1716) il quale, per l'appunto, anticipò l'idea di una macchina calcolatrice universale, gettando così le basi per lo sviluppo dell'informatica moderna. Egli, sulla scia della *'ars magna'* lulliana, delineò quella che è definita *'ars combinatoria'*. Dallo studio del filosofo spagnolo, in particolare, Leibniz ritenne di adoperare *"l'idea di elementi concettuali fondamentali e l'idea di un metodo per combinarli e calcolarli"*¹⁷. Con questo progetto il filosofo tedesco si propose di, per l'appunto, scoprire quali potessero essere le leggi del pensiero umano attraverso un calcolo universale, utilizzabile per ciascun tipo di ragionamento umano. Inoltre, intese comprendere come unificare la logica nel calcolo algebrico, potendo così semplificare e riportare il tutto ad idee semplici e generarne di nuove, in maniera precisa e priva di errori. Il progetto leibniziano fu così diviso in tre parti principali: una prima parte comprendeva un'enciclopedia come base di conoscenza, da cui poi si sarebbero scelti *"le nozioni fondamentali ed i simboli ad esse adeguati, infine, si sarebbero potute ridurre le regole deduttive a manipolazioni di questi simboli, ovvero a quello che Leibniz chiamava calculus ratiocinator e che oggi potremmo chiamare logica simbolica"*¹⁸; una seconda parte comprendeva l'utilizzo dei simboli adeguati, la quale si rafforzò con la scoperta del sistema binario, grazie al quale è possibile scrivere qualsiasi numero utilizzando solo 0 e 1, derivandone una maggiore facilitazione per il suo progetto; ed, infine, una terza parte comprendente l'introduzione del principio di identità degli indiscernibili, precisazione del principio aristotelico di identità logica, la quale consentì a Leibniz di formalizzare *"il calcolo infinitesimale, e la riunificazione nel soggetto senziente della scissione aristotelica tra forma e sostanza, tra validità e verità, tra soggetto che conosce ed oggetto*

¹⁷ Cit. J. Grey, *op. cit.*, 2016, traduzione mia.

¹⁸ Cit. M. Davis, *Il calcolatore universale*, Adelphi, 2018, p. 37.

conosciuto, anticipando, le tematiche proprie delle scienze cognitive”¹⁹. Sebbene il filosofo tedesco non riuscì, al termine della propria vita, ad elaborare un simbolismo formale per la realizzazione del suo sogno, questi comunque se ne avvicinò attraverso la costruzione di un dispositivo meccanico in grado di eseguire operazioni su concetti. Infatti, sempre più, quelli che erano meri pensieri iniziavano pian piano a trovare una materializzazione attraverso la costruzione di macchine calcolatrici.

3. *Dalla meccanica della mente alle leggi del pensiero*

Già intorno all’anno 1500, Leonardo da Vinci (1452 – 1519) progettò un calcolatore meccanico senza però mai riuscire a realizzarlo; a questo dispositivo seguirono l’orologio calcolatore di Wilhem Schickard (1592 – 1635) e la più famosa Pascalina, costruita, nel 1642, da Blaise Pascal (1623 – 1662).

Nel descrivere questa sua creazione, Pascal affermò che *“la macchina aritmetica produce effetti che sembrano più vicini al pensiero di tutte le azioni degli animali”*; inoltre, questa macchina fu progettata per essere in grado di effettuare un’ulteriore operazione matematica prettamente mentale quale quella del riporto. C’è da precisare però che, a differenza della Pascalina, la creazione di Leibniz oltre ad addizioni e sottrazioni era in grado di eseguire anche moltiplicazioni ed estrazioni di radice, anche se le

¹⁹ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2012, p. 16; per un approfondimento sulle tematiche fin qui esposte si vedano: L. Couturat, U. Sanzo, *La logica di Leibniz: Louis Couturat*, Napoli: Glauk, 1973; M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 21 – 41; H. L. Dreyfus, *Artificial Intelligence*, in ‘The Annals of the American Academy of Political and Social Science’, vol. 412, 1974, pp. 23; G. Fassò, *op. cit.*, Vol. 2, 2001, pp. 180-192; P. Forrest, *The Identity of Indiscernibles*, ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2010, in <https://plato.stanford.edu/entries/identity-indiscernible/>; B. C. Look, *Gottfried Wilhelm Leibniz*, in ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2013, in <https://plato.stanford.edu/entries/leibniz/>; M. Mugnai, *Introduzione alla filosofia di Leibniz*, Giulio Einaudi Editore, 2001, pp. 274; U. Pagallo, *Introduzione alla filosofia digitale, da Leibniz a Chaitin*, Giappichelli, 2005, pp. 160; V. Peckhaus, *Leibniz’s Influence on 19th Century Logic*, in ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2018, in <https://plato.stanford.edu/entries/leibniz-logic-influence/>; P. P. Portinaro, *Leibniz, la logica e la giurisprudenza*, in ‘Materiali per una storia della cultura giuridica, Rivista fondata da Giovanni Tarello’, vol. 1, 2016, pp. 239 – 252.

sue capacità erano limitate in considerazione del fatto che era progettata per eseguire operazioni su concetti²⁰.

Quello che rappresentava l'utopistico sogno di Leibniz sull'indagine sulle leggi del pensiero non svanì però del tutto, infatti divenne preziosa eredità per il matematico britannico George Boole (1815 – 1864)²¹.

Prima di affrontare questo argomento, ritengo opportuno, in quanto utile alla comprensione di concetti che saranno esposti successivamente, soffermarmi brevemente su un ulteriore aspetto della logica. Se infatti, sino ad ora, si è posto l'accento su tematiche prettamente di natura deduttiva²², approfondendo la validità del ragionamento, non può assolutamente essere dimenticato anche il valore induttivo che può avere la logica, dando vita a quella che è appunto il ramo della logica induttiva o probabilistica.

Della questione induttiva già lo stesso Aristotele se ne occupò nel libro XIII della Metafisica, nel quale attribuisce a Socrate il merito di aver scoperto l'induzione e la definizione dell'universale. In realtà, però, colui il quale ne tenta una formulazione con rigore logico preciso, ponendo il problema dell'induzione, è lo stesso Aristotele il quale però commise, a ben vedere, l'errore di presentare non altro che una deduzione dissimulata²³. I concetti di deduzione ed induzione sono stati così, storicamente, distinti: un ragionamento che parte da premesse generali e conclude, deducendo, una conclusione particolare, è proprio della deduzione, mentre, viceversa,

²⁰ Cfr. M. Bozzo, *La Grande Storia del Computer: Dall'abaco all'intelligenza artificiale*, Dedalo Libri, 1996, pp. 281; P. Graziani, M. Sangoi, *La Macchina Aritmetica di Blaise Pascal*, in 'Isonomia. Rivista online di filosofia dell'Università di Urbino Carlo Bo', 2005, in <http://isonomia.uniurb.it>; M. G. Losano, *Storia delle macchine da calcolo e storia del sociale*, in P. Garbarino, M. Cavino, (a cura di), *Scritti di Informatica e diritto*, Mimesis, 2022, pp. 3 – 11; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 9.

²¹ 'Indagine sulle leggi del pensiero su cui sono fondate le teorie matematiche della logica e della probabilità' è un'opera di George Boole del 1854. Titolo originale dell'opera è *An Investigation of the Laws of Thought on Which are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*.

²² La logica deduttiva, o logica della certezza, si fonda sul valore necessario e certo nel nesso di consequenzialità fra premesse e conclusione. Rimando alle pagine successive alcuni approfondimenti.

²³ A. Aliotta, *Induzione*, in 'Enciclopedia Italiana Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 1933, in https://www.treccani.it/enciclopedia/induzione_res-33f7444f-8bb0-11dc-8e9d-0016357eee51_%28Enciclopedia-Italiana%29/; D. Constantini, *Logica induttiva*, in 'Enciclopedia Italiana Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, V Appendice, 1993, in https://www.treccani.it/enciclopedia/logica-induttiva_%28Enciclopedia-Italiana%29/.

partendo da premesse particolari, giungendo ad una conclusione generale, è proprio dell'induzione.

Nel periodo medievale, attraverso l'applicazione del metodo scientifico di Galileo Galilei (1564 – 1642) ed attraverso lo studio delle teorie di Francis Bacon (1561 – 1626), iniziò a delinearsi il valore dell'induzione, fondandolo sull'esperienza; chi però riuscì a definirlo come principio sarà David Hume (1711 – 1776) nel suo 'Trattato sulla natura umana'. Questi, infatti, propose, per l'appunto, quello che è oggi conosciuto come principio di induzione; secondo questo principio “*le regole generali sono inferite da ripetute associazioni tra i loro elementi*”²⁴ mentre la conclusione non sarà certamente valida e necessaria, bensì probabile ed ampliativa, andando a superare quella distinzione quantitativa fra particolare e generale.

A tale teoria, seguirono le opere di John Stuart Mill (1806 – 1873), in particolare l'opera *A system of logic ratiocinative and inductive* del 1853, nella quale l'autore anglosassone formulò i cinque principi del ragionamento induttivo²⁵. Inoltre, in relazione al rapporto fra conoscenza e azione, sempre a Mill deve essere riconosciuta la teoria sull'utilizzo di criteri prettamente razionali di decisione in tutte le sfere dell'attività umana; tale teoria presupponeva che l'essere umano, infatti, non fosse solo ragionamento ma anche azione, poiché senza la comprensione dell'azione è di fatto impossibile comprendere il ragionamento²⁶. A sostegno di quanto

²⁴ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 10.

²⁵ Cfr. G. Carcaterra, *Presupposti e strumenti della scienza giuridica*, G. Giappichelli editore, 2012, pp. 267; I. M. Copi e C. Cohen, *Introduzione alla logica*, Il Mulino, 1997, pp. 696; J. S. Mill, *A system of logic*, E-books@Adelaide, 2011, in <https://archive.org/details/john-stuart-mill-a-system-of-logic/page/n1/mode/2up?view=theater>; M. Trinchero, (a cura di), *Sistema di logica deduttiva e induttiva*, UTET, 1988, pp. 1274; A. Mura, *La sfida scettica. Saggio sul problema logico dell'induzione*, ETS, 1992, pp. 208; G. Piola, *Elementi di logica giuridica*, Loescher, 1894, pp. 3 – 9; F. Romeo, *op. cit.*, 2012; M. G. Sandrini, *Filosofia dei metodi induttivi e logica della ricerca*, Firenze University Press, 2010, limitato alle pp. V - 64; voce *Sistema di logica deduttiva e induttiva (A system of logic ratiocinative and inductive)*, in 'Dizionario di Filosofia Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2009, in [https://www.treccani.it/enciclopedia/sistema-di-logica-deduttiva-e-induttiva_\(Dizionario-di-filosofia\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/sistema-di-logica-deduttiva-e-induttiva_(Dizionario-di-filosofia)/);

²⁶ A tal proposito ed ai fini dell'oggetto di questo lavoro, non si approfondirà specificamente l'elemento irrazionale del pensiero umano, sebbene questo abbia avuto la sua importanza storico-filosofica, come vedremo in seguito. L'essere umano possono assumere comportamenti o decisioni che sono apparentemente contro il loro interesse razionale o che non seguono una logica ben definita. L'irrazionalità umana può essere influenzata da molteplici fattori. Per quel che riguarderà l'intelligenza artificiale, in senso stretto, questa non può essere definita 'irrazionale' poiché, al momento, non ha una coscienza o una personalità a cui possa essere applicato il concetto di

affermato, riporto quanto sostenne Aristotele sia nel *De Motu Animalium* che nell'*Etica Nicomachea*, ovvero che “le azioni sono giustificate da un collegamento logico tra gli scopi dell’agente e la conoscenza del risultato di ogni azione”²⁷: “Deliberiamo non sui fini, ma sui mezzi per raggiungerli. Infatti, un medico non decide se deve curare, né un oratore se debba convincere, né un politico se debba stabilire un buon governo [...] Ma, una volta posto il fine, esaminano in che modo e con quali mezzi questo potrà essere raggiunto: e quando il fine può manifestamente essere raggiunto con più mezzi, esaminano con quale sarà raggiunto nella maniera più facile e più efficiente; se invece il fine può essere raggiunto con un mezzo solo, esaminano in che modo potrà essere raggiunto con quello, e con quale altro mezzo si raggiungerà a sua volta quello, finché non giungano alla causa prima, che, nell’ordine della scoperta, è l’ultima. [...] è ciò che è ultimo nell’analisi il primo nella costruzione. E se ci si imbatte in qualcosa di impossibile, ci si rinuncia: per esempio, se occorre denaro ed è impossibile procurarselo. Se, invece, la cosa si rivela possibile, ci si accinge ad agire”²⁸.

Concludo qui questa digressione sulla logica induttiva, contenente un brevissimo accenno al rapporto fra conoscenza e azione, poiché utile per circoscrivere proprio il campo dell’intelligenza artificiale, ritornando, dunque, al punto di narrazione in cui mi ero interrotto non causalmente.

razionalità o irrazionalità. L’intelligenza artificiale è programmata per operare in modo logico e coerente secondo gli algoritmi e i dati a cui è stata esposta, quindi agisce in base a regole predeterminate. Tuttavia, è possibile che un’intelligenza artificiale agisca in modo apparentemente “irrazionale” a causa di errori nel codice o di un’analisi errata dei dati di input, ma in questo caso si tratta di una mancanza di precisione o efficienza, non di irrazionalità nel senso umano del termine, o ancora semplicemente non siamo in grado di comprendere quale tipo di ‘ragionamento’ abbia posto in essere.

²⁷ Cit. S. Russell e P. Norvig, *Op. cit.*, 2010, p. 10.

²⁸ Il passo è contenuto in Aristotele, *Etica Nicomachea* (Libro III, 3, 1112b); per la traduzione si è adoperato il seguente testo: S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, nell’edizione a cura di F. Amigoni, oltre ad una mia traduzione del passo successivo. Questo ‘algoritmo’ è poi stato implementato dagli informatici Newell, Shaw e Simon nel loro programma G.P.S. (General Problem Solver) del 1957; lo stesso è in grado di risolvere problemi generali formalizzati imitando i procedimenti umani. Cfr. A. Newell, J. C. Shaw, H. A. Simon, *Report on a General Problem-Solving Program*, Carnegie Institute of Technology, 1959, in http://bitsavers.informatik.uni-stuttgart.de/pdf/rand/ipl/P-1584_Report_On_A_General_Problem-Solving_Program_Feb59.pdf; ID., *Empirical explorations with the logic theory machine*, in ‘Psychological Review’, vol. 65, n. 3, 1958, pp. 151 – 166; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 24.

Con gli studi di Boole, nel XIX secolo, si assiste al vero punto di svolta nella logica ed in generale nel suo rapporto con la matematica. Infatti, sebbene Boole continuasse a solcare il percorso intrapreso dai suoi predecessori nel voler analizzare le leggi del pensiero, il suo approccio, prettamente matematico, predispose le condizioni preliminari per l'avvio dello sviluppo di quel campo che diventerà l'intelligenza artificiale, sancendo una predominanza delle scienze a discapito delle riflessioni umanistiche²⁹. In particolare, in quegli anni, la logica si distacca dapprima dalla geometria euclidea e, in seguito, consequenzialmente, dalla filosofia³⁰.

²⁹ È lo stesso Boole ad affermare che: “Il fatto che la Logica, come scienza, sia suscettibile di numerose applicazioni è ammissibile, ma è altrettanto certo che le sue forme e i suoi processi finali siano matematici”. Cit. G. Boole, *An investigation of the Laws of Thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities*, Walton and Maberly, 1854, p. 8, traduzione mia. Su questo punto è interessante osservare come in tema di intelligenza artificiale si stia cercando di riaffrontare unitariamente la riflessione; sia un matematico come Longo, che un giurista, come Pagallo, in alcuni loro lavori analizzati, richiamano entrambi la necessità di una riflessione combinata sul tema. Cfr. G. Longo, *Matematica e senso*, Mimesis, 2021, pp. 236; U. Pagallo, *op. cit.*, 2005.

³⁰ Esplico qui quanto affermato, citando: “Se infatti la geometria, a partire dagli Elementi di Euclide, ha sempre costituito il prototipo della teorizzazione matematica e quindi – almeno dai greci in poi – il terreno su cui è confrontata l’analisi logica, fu l’algebra per il suo ruolo di scienza formale indipendente dal contenuto geometrico e numerico a fornire un modello per la nozione stessa di logica come scienza delle forme inferenziali. [...] Se il grande evento nella matematica settecentesca era stato lo sviluppo tumultuoso dell’Analisi, col suo predominio sugli altri rami della matematica, nella prima metà dell’Ottocento [...] iniziò una profonda riflessione sui fondamenti stessi del procedere analitico. Questa esigenza si può comprendere dicendo che la ricerca matematica diveniva consapevole della necessità di una giustificazione di tipo logico dei suoi fondamenti, tendeva cioè ad eliminare il rimando a modelli privilegiati non concettualmente determinati (di natura geometrica o genericamente intuitiva) come sostegno delle proprie teorie. [...] dopo che l’algebra si era in certo senso logicizzata, è la logica che si algebrizza ponendosi come nuovo ramo autonomo accanto ai classici sistemi della matematica riguardati con questa nuova e feconda mentalità. Che così venisse colta l’intuizione leibniziana dell’importanza e della fecondità della pura ricerca formale è fuori dubbio; notevole è tuttavia il fatto che la logica si staccava decisamente dalla filosofia [...]”. Cit. C. Mangione, S. Bozzi, *Storia della logica*. Da Boole ai nostri giorni, Garzanti, 1993, pp. 15 – 18; una maggiore panoramica può essere ottenuta dall’intero passo presente in questo lavoro, pp. 15 – 22. Dello stesso avviso non è il filosofo Amedeo Conte che ha curato la traduzione di *The Development of logic* dei coniugi Kneale; nell’introduzione alla premessa del curatore all’edizione italiana, infatti, precisa che: “Per tanta qualità di *The Development of logic* la presente traduzione italiana, *Storia della logica*, appare tempestiva in un momento nel quale l’interesse per la logica non soltanto s’approfondisce tra filosofi e matematici, ma si diffonde anche in altre cerchie di studiosi [...]. La presente traduzione appare tempestiva per una ragione qualitativa: questa è una storia scritta da filosofi. Per tale qualità di *The Development of logic* la presente traduzione appare tempestiva in un’età di rinascimento di ciò che gli anglosassoni, con felice gravidanza, chiamano *philosophical logic* [...]”. Cit. W. C. Kneale, M. Kneale, *Storia della logica*, a cura di A. G. Conte, Giulio Einaudi editore, 1972, p. XIV. Si è assistito infatti a partire dagli anni Settanta del Novecento ad una rinascita della commistione fra logica e filosofia che può trovare vastissima bibliografia. Oltre quella presente nel testo appena citato, cfr. S. Haak, *Filosofia delle logiche*, Franco Angeli Editore, 1984, pp. 320; G. Lolli, *Filosofia della matematica. L’eredità del Novecento*, Il Mulino, 2010, pp. 272.

Boole stesso, lo affermò nei suoi lavori: *“L’oggetto della scienza propriamente detta è la conoscenza di leggi e relazioni. Essere in grado di distinguere ciò che è essenziale a tal fine, da ciò che è solo accidentalmente associato a esso, è una delle condizioni più importanti del progresso scientifico. Dico distinguere tra questi elementi, poiché una costante devozione alla scienza non richiede che l’attenzione sia completamente ritirata da altre speculazioni, spesso di natura metafisica, con le quali essa non è non di rado collegata. Tali domande, per esempio, come l’esistenza di un fondamento di sostanza per i fenomeni, la realtà della causa, la proprietà delle forme di linguaggio che implicano che stati successivi delle cose siano collegati da operazioni, e altri di natura simile, possono possedere un profondo interesse e significato in relazione alla scienza, senza essere sostanzialmente scientifico”*³¹.

Infatti, il matematico inglese iniziò ad applicare metodi algebrici ad oggetti, i quali operano sulle espressioni dell’algebra ordinaria ricavandone nuove espressioni; questi oggetti sono, tutt’oggi, chiamati, per l’appunto, operatori dai matematici. Questa operazione lo condusse a crearne un nuovo sistema algebrico logico basato sui valori 0 ed 1³², attraverso cui, utilizzando le parole dello stesso Boole, è possibile: *“indagare le leggi fondamentali di quelle operazioni della mente per mezzo delle quali si attua il ragionamento; di dar loro espressione nel linguaggio simbolico di un calcolo e d’istruire, su questo fondamento, la scienza della logica costruendone il metodo; di fare, di questo stesso metodo, la base di un metodo generale per l’applicazione della dottrina matematica della probabilità e, in ultimo, di ricavare dai diversi elementi di verità portati*

³¹ G. Boole, *op. cit.*, 1854, p. 39; traduzione da G. Landi, *Intelligenza artificiale come filosofia*, Tangram Edizioni Scientifiche, 2020, pp. 89 – 90. L’autore commenta così il passo da me riportato “Queste parole di Boole, che in fondo sono una definizione di “scienza”, portano con sé due conseguenze abbastanza ineludibili. La prima è una sostanziale rinuncia della scienza all’idea stessa di verità, e una separazione tra filosofia e scienza sconosciuta fino all’epoca moderna; la seconda è un obbligatorio atto di fede da parte di qualunque “scienziato” nell’esistenza della realtà empirica esterna, atto che – proprio in quanto fideistico – deve essere ripetuto ad ogni occasione”.

³² In realtà, non è esatto affermare che l’algebra booleana sia un’algebra a due fattori, è maggiormente corretto parlare di algebra “interpretabile in termini delle quantità numeriche 0 e 1, ossia che questi due numeri costituiscono per così dire un insieme di cose che rende vere tutte e sei le leggi poste a fondamento del proprio sistema.” Cit. C. Mangione, S. Bozzi, *op. cit.*, 1993, p. 139.

alla luce nel corso di queste indagini alcune indicazioni probabili sulla natura e la costituzione della mente umana”³³.

Per Boole, l’obiettivo primario consistette nel comprendere come potesse funzionare la mente umana e la relativa chiave di lettura non poté che esclusivamente provenire dalla logica; infatti, a tal proposito, utilizzando ancora le parole del matematico britannico, egli affermò: *“il solo oggetto della logica non è quello di renderci capaci di dedurre inferenze corrette da date premesse; né il solo scopo del calcolo delle probabilità quello di stabilire su basi sicure le questioni di assicurazione sulla vita...questi studi hanno un interesse di altro tipo, che loro deriva dalla luce che essi gettano sulle capacità intellettuali. Essi ci istruiscono relativamente al modo con il quale il linguaggio e il numero servono come aiuto strumentale al processo di ragionamento; essi ci rilevano in certo grado la connessione fra differenti capacità dell’intelletto comune; essi ci mostrano quali siano, nei due domini della conoscenza probabile e dimostrativa, gli elementi essenziali della verità e della correttezza – elementi non derivati da alcunché, ma profondamente fondati nella costituzione delle facoltà umane*”³⁴. Le leggi del pensiero hanno trovato così un campo d’indagine scientifico nel quale poter essere discusse o meglio ancora essere formalizzate e di conseguenza meccanicizzate.

Già nel 1869, l’economista e logico inglese William Stanley Jevons (1835 – 1882) fu in grado di costruire una macchina logica³⁵ ma il punto di arrivo per la costruzione di calcolatori e poi, conclusivamente, di tecnologie d’intelligenza artificiale, necessitava ancora di alcuni passaggi fondamentali.

³³ G. Boole, *op. cit.*, 1854, p. 1; per la traduzione si è utilizzato il testo presente in F. Romeo, *op. cit.*, 2012, p. 20.

³⁴ G. Boole, *op. cit.*, 1854, p. 2; per la traduzione si è utilizzato il testo presente in C. Mangione, S. Bozzi, *op. cit.*, pp. 134 – 135.

³⁵ W. C. Kneale, M. Kneale, *op. cit.*, 1972, p. 479.

4. *L'imperfezione della matematica. Dai fondamenti logici di Frege al teorema di incompletezza di Gödel*

Il primo dei questi passaggi, attraverso cui è possibile giungere alla nascita dell'intelligenza artificiale come disciplina, è stato compiuto dal matematico tedesco Gottlob Frege (1848 – 1925). Nel 1879, questi pubblicò il libro *l'Ideografia (Begriffsschrift* il titolo originale tedesco), il cui sottotitolo recita *Linguaggio in formule del pensiero puro modellato su quello dell'aritmetica*. Quest'opera è stata definita dal matematico Martin Davis, come “*l'opera più importante che sia mai stata scritta in logica*”³⁶. L'opera di Frege, infatti, presenta un sistema logico che comprende tutte le inferenze deduttive utilizzate in matematica, avvalendosi di un proprio linguaggio dotato di precise regole sintattiche le quali sono in grado di assicurare al meglio il rigore della deduzione. In questo modo, andando ad escludere ciò che non sia assolutamente essenziale, tenendo distinto il contenuto concettuale e l'enfasi retorica, è possibile “*presentare le inferenze logiche come operazioni puramente meccaniche condotte per mezzo di cosiddette regole d'inferenza che riguardavano solo le configurazioni in cui erano disposti i simboli*”³⁷, al fine di poter dimostrare che tutta la matematica può essere definita in termini logici, per poi ancora riuscire a derivare la verità dai propri principi logici. Nel 1982, Frege, inoltre, nel prosieguo dei suoi studi, portò in dotazione alla sua tesi anche di un ulteriore lavoro, il *Sinn und Bedeutung*³⁸, grazie al quale il linguaggio tendeva ad imporsi come mezzo oggettivo di significati, escludendo di fatto tutto ciò che potesse essere soggettivo. Infatti, con la pubblicazione di questa opera, si inaugurò quella che, comunemente, viene conosciuta come la ‘filosofia del linguaggio’, un campo di studio dedicato a determinare la

³⁶ Cit. M. Davis, *op. cit.*, 2018, p. 73.

³⁷ Cit. Ivi, p. 79.

³⁸ Preferisco lasciare il titolo dell'opera in tedesco in quanto sul termine *Bedeutung* non è pacifica la traduzione; Rigamonti traduttore del Davis utilizza denotazione, così come Romeo, mentre Mangione e Bozzi significato, ed ancora Conte referencia; L'analisi del termine e dello scritto fregiano allontanerebbe dall'oggetto di questo elaborato. Il termine *Sinn* è invece traducibile come senso.

complessa relazione tra i due termini presenti nel titolo. Questo approccio innovativo ha rappresentato un'importante svolta, poiché propose un'analisi rigorosa e formale del linguaggio stesso, avendolo considerato non solo come uno strumento di mera espressione, ma anche come una struttura logica complessa che riflette e forma il pensiero stesso. Finì, dunque, per fornire un solido supporto al proprio argomento riguardante l'esistenza di un sistema formale massimale; argomento che coincideva con il linguaggio logico universale già precedentemente ipotizzato da Leibniz.

L'opera monumentale di Gottlob Frege, che mirava a fornire un fondamento logico rigoroso alla matematica, subì, però, un duro colpo nel 1902 con l'arrivo di una lettera da parte del filosofo inglese Bertrand Russell (1872 – 1970). Questi, attraverso il cosiddetto paradosso di Russell, così chiamato per averlo egli stesso elaborato, dimostrò come l'immensa opera freghiana potesse cadere in contraddizione. In questa lettera, Russell presentò ciò che sarebbe diventato noto come il 'paradosso di Russell', una contraddizione logica che minava le basi dell'intero sistema di Frege. Elaborato dallo stesso Russell, questo paradosso dimostrò un'importante fallacia intrinseca nell'apparato concettuale freghiano, mettendo in discussione la coerenza e la completezza del suo sistema.

Quello che può sembrare di primo acchito un fallimento, tuttavia, in realtà, si rivelerà essere un passaggio cruciale per la costruzione sia dei futuri calcolatori sia degli studi che permetteranno, al matematico britannico Alan Turing, intorno alla metà del Novecento, di giungere alle sue conclusioni. Per di più, i lavori del matematico di Wismar furono presi in eredità da diversi colleghi disciplinari a cavallo fra il XVIII ed il XIX secolo, cosicché il dibattito restò aperto fino a quando l'austriaco³⁹ Kurt Gödel (1906 – 1978) ne chiuse il cerchio attraverso i suoi teoremi di incompletezza volti a dimostrare la fallacia del cosiddetto 'programma di Hilbert'.

Infatti, la fine del XIX secolo e l'inizio del successivo rappresentarono il punto di svolta per tutte le scienze in cui la matematica ne rappresentava il

³⁹ Per dovere storiografico, Kurt Gödel nacque a Brno, attuale Repubblica Ceca, all'epoca facente parte dell'impero austro-ungarico.

fulcro, dalla fisica sino all'emergente elettronica, passando attraverso la logica stessa. I progressi in ambito tecnologico furono tutti possibili grazie agli studi di illustri personalità del mondo scientifico che cercarono di comprendere più a fondo l'essere umano ed il suo pensiero, così come, di riflesso, il mondo di cui avevano percezione o intuizione. Quindi, a partire dalla matematica, si assistette ad una notevole riconsiderazione del positivismo sia come filosofia che come metodo scientifico. Questa riconsiderazione non mise in discussione il positivismo nella sua essenza, piuttosto ne mise in discussione alcuni dei presupposti fondamentali su cui la metodologia scientifica era stata fondata fino a quel momento, portando ad un riesame critico di alcune delle teorie principali che erano state considerate assolute.

Si può dunque parlare di una sorta di rivoluzione copernicana delle scienze, in cui paradigmi consolidati erano messi in discussione e nuove prospettive iniziavano ad emergere, andando a sfidare ed ampliando il nostro modo di comprendere il mondo e l'universo scientifico tutto⁴⁰.

⁴⁰ Tra i diversi autori che contribuirono alla realizzazione di tutto ciò, restando esclusivamente nel campo della matematica, o meglio degli studi che conducono all'intelligenza artificiale come scienza, riporto brevemente alcune informazioni sui seguenti, utilizzando un ordine meramente cronologico, nonostante i loro studi ed i relativi dibattiti s'intreccino inevitabilmente: Giuseppe Peano (1858 – 1932), è noto non solo per aver creato il *latino sine flexione*, una lingua ausiliaria internazionale, ma anche per il suo contributo al campo della matematica in senso stretto. Sempre sulla scia del sogno leibniziano, diede il suo apporto, nel 1908, con il *Formulario Matematico*, opera in cui creò un'opera logico-matematica per mezzo della quale sarebbe stato possibile esprimere in modo compatto ed omogeneo molti fondamentali teoremi matematici, espressi attraverso un sistema simbolico sviluppato dallo stesso Peano; all'interno dell'opera confluiscono i cd. 'Assiomi di Peano' presentati nel 1889 nell'opera *Arithmetices principia: nova methodo exposita*, attraverso i quali furono presentati gli assiomi riguardanti l'insieme dei numeri naturali. Henri Poincaré (1854 – 1912), definire la grandezza dell'opera di questo scienziato non è assolutamente semplice visti i notevoli risultati raggiunti, ad esempio i suoi studi in fisica lo portarono a maturare la convinzione dell'esistenza di una meccanica non classica che si avvicinavano di molto alla meccanica relativista di Einstein; in ambito epistemologico, con l'opera *La science et l'Hypothèse* del 1905, Poincaré si oppose strenuamente all'ottica logicista in cui la matematica fosse considerata una mera branca della logica. Egli ritenne che l'induzione completa dovesse ricoprire una posizione centrale per la matematica, considerata giudizio sintetico a priori, sulla scorta della filosofia kantiana. David Hilbert (1862 – 1943), di cui si accennerà anche in seguito nel corso del testo, ebbe il merito, nella prima fase della sua carriera, di rivoluzionare la geometria euclidea (*Grundlagen der Geometrie*, 1899). Lo fece attraverso un nuovo programma di assiomatizzazione in cui sottolineava come la logica, e quindi la natura astratta e generale dell'argomento, fosse necessaria alla dimostrazione di teoremi che derivassero esclusivamente dagli assiomi dell'aritmetica dei numeri reali, dimostrando la coerenza di questi ultimi; a riguardo vi è un aneddoto in cui Hilbert sosteneva che "i teoremi devono rimanere validi anche se parlano non di punti, linee e piani, ma di tavoli, sedie e birra, sempre che questi oggetti obbediscano agli assiomi". Sistemata la geometria, l'attenzione di Hilbert si spostò sulla matematica. Nel 1900,

durante il Congresso internazionale dei matematici a Parigi, presentò un paper, *Mathematical Problems*, dove vi erano nove problemi matematici, divenuti 23 in seguito, da risolvere. Il suo obiettivo era restituire alla matematica quelle verità incontestabili che l'avevano sempre contraddistinta, mettendola al riparo da antinomie e paradossi. Il tutto doveva avvenire attraverso una completa assiomatizzazione della matematica, intesa scienza basata totalmente sul formalismo, ovvero su sistemi assiomatici formali; questa matematica prese il nome di metamatematica o teoria della dimostrazione. Bertrand Russell (1872 – 1970) esordì sulla scena accademica mettendo in crisi il sistema creato da Frege, sfruttando il sorgere di paradossi insiemistici derivanti dalla teoria degli insiemi di Georg Cantor (1845 – 1918). Nonostante ciò, egli riteneva l'opera fregeana degna di nota tanto da essere uno dei padri del cd. positivismo logico; insieme ad Alfred North Whitehead (1861 – 1947), scrisse i *Principia Mathematica* (prima edizione non completa nel 1910, l'opera si considera conclusa nel 1927 con la seconda edizione) in cui, partendo da un insieme di assiomi e di regole logiche, i due autori cercarono di formalizzare le basi della matematica inseguendo il “*calculemus*” di Leibniz. Russell fu anche il maestro di quel Ludwig Wittgenstein (1889 – 1951) da cui poi ne prese le distanze. Questi fu l'autore del *Tractatus Logico-Philosophicus* (1921), unica opera pubblicata in vita e una delle più importanti del '900, in cui si riscontra l'emblema della filosofia analitica. Infine, il già citato Georg Cantor, è stato un matematico tedesco, noto soprattutto per i suoi lavori sull'infinito e sulla teoria degli insiemi. Tra i suoi contributi più importanti si fa menzione della dimostrazione sull'esistenza di insiemi infiniti di cardinalità diverse, che portò alla scoperta dei numeri transfiniti. Questo risultato mise in discussione l'idea tradizionale che ci fosse un'unica nozione di infinito, e causò anche numerose controversie tra i matematici dell'epoca. Ottenne questi risultati attraverso il cosiddetto ‘calcolo della diagonale di Cantor’, utilizzato per dimostrare che non esiste una corrispondenza biunivoca tra l'insieme dei numeri naturali (1, 2, 3, ...) e l'insieme dei numeri reali (ad esempio, il numero π greco). In sostanza, la dimostrazione di Cantor dimostra che l'insieme dei numeri reali è ‘più grande’ dell'insieme dei numeri naturali, nel senso che non è possibile costruire una corrispondenza biunivoca tra i due insiemi. Questo risultato ha rappresentato un contributo importante alla teoria degli insiemi ed ha portato a numerose applicazioni in matematica e in informatica. Richiamandoli solamente, si ricordano anche Ernst Mach (1838 – 1916), L. E. J. Brouwer, (1881 – 1966), Hermann Weyl (1885 – 1955), Thoralf Albert Skolem (1887 – 1963), Paul Bernays (1888 – 1977), Paul Rudolf Carnap (1891 – 1970). Su questi temi oltre alle opere citate ed alle voci presenti nel ‘Dizionario di filosofia Treccani’, 2009, cfr. AA. VV., *Georg Cantor*, in ‘Encyclopedia Britannica’, 2023, in <https://www.britannica.com/biography/Georg-Ferdinand-Ludwig-Philipp-Cantor>; J. Bagaria, *Set Theory*, in ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2023, in <https://plato.stanford.edu/entries/set-theory/>; O. P. Faracovi, *Una giornata di studio su Henri Poincaré*, in ‘Rivista di Storia della Filosofia’, vol. 70, n. 4, 2015, pp. 881 – 884, in <https://www.jstor.org/stable/10.2307/24873255>; M. Ferrari, *Henri Poincaré, il kantismo e l'a priori matematico*, in ‘Discipline Filosofiche’, vol. XVI, n. 2, 2006, pp. 137 – 154; V. F. Ferreira de A. Nascimento, J. Sousa Leite, P. Macedo de Castro, *A filosofia logicista de Bertrand Russell no ensino da matemática escolar*, in ‘Ambiente: Gestão e Desenvolvimento’, UERR - Universidade Estadual de Roraima, vol.12, n. 1, 2019, pp. 38 – 46; L. Gabrieli, *Tavoli, sedie, boccali di birra: David Hilbert e la matematica del Novecento*, R. Cortina, 2016, pp. 175; D. Hilbert, *Fondamenti della geometria*, Franco Angeli, 2009, pp. 320; D. Hilbert, *Mathematical Problems*, in ‘Bulletin of the American Mathematical Society’, Susan Friedlander, vol. 37, n. 4, 2000, pp. 407 – 436; H. C. Kennedy, *Peano. Storia di un matematico*, Bollati Borghieri, 2020, pp. 336; I. Leclerc, *The Relevance of Whitehead: Philosophical Essays in Commemoration of the Centenary of the Birth of Alfred North Whitehead*, Taylor & Francis Group, pp. 382; J. Mawhin, *Henri Poincaré. A Life in the Service of Science*, in ‘Notices of the AMS’, vol. 52, n. 9, 2005, pp. 1036 – 1044; P. Mancosu, *Il programma di Hilbert e i teoremi di incompletezza di Gödel*, in ‘Rivista di Filosofia Neo-Scolastica’, vol. 98, n. 3, 2006, pp. 489 – 531; G. Peano, *Arithmetices principia: nova methodo*, Fratres Bocca, 1889, pp. 36; G. Peano, *Principii di logica matematica*, Guadagnini e Candellero, 1891, pp. 34; G. Preti, *La filosofia della matematica di B. Russell*, in ‘Rivista Critica di Storia della Filosofia’, vol. 8, n. 2, 1953, pp. 139 – 174; J. H. Poincaré, *La scienza e l'ipotesi*, La Nuova Italia, 1950, pp. 313; J. H. Poincaré, *Scienza e metodo*, Einaudi, 1997, pp. 275; E. Rainone, *Ludwig Wittgenstein e i fondamenti della matematica. Quattro studi: Cantor, Dedekind, il Logicismo, la scoperta in matematica*, in ‘Nóema – Rivista online di filosofia’, n. 4-2, 2013, pp. 73, in <http://riviste.unimi.it/index.php/noema>; B.

È negli anni Venti del XX secolo che David Hilbert (1862 – 1943)⁴¹ tentò di continuare il progetto positivista e formalista di ripensamento della matematica⁴², andando ad inserire gli assiomi da dimostrare all'interno di “*un sistema logico formale nel quale una dimostrazione non era che una certa configurazione di un numero finito di simboli*”. Hilbert ipotizzò che la matematica, in quanto teoria complessa, potesse essere fondata su teorie più semplici. Questa idea lo portò ad adottare, come base dell'intera matematica, l'aritmetica, con particolare riferimento alle proprietà dei numeri naturali; infatti, sebbene il contenuto di una teoria matematica potesse essere ottenuto dalla formalizzazione, come già ritenuto fattibile a partire da Frege, si rese allora necessario riuscire a dimostrare la consistenza di questa teoria in modo che ciò comportasse la completezza e la non contraddittorietà del sistema di riferimento più grande, ovvero della matematica stessa⁴³. La dimostrazione della coerenza, ovvero della non

Russell, A. N. Whitehead, *Principia mathematica*, Cambridge: At the University Press, 1950; C. Sini, *Whitehead e la funzione della filosofia*, Marsilio, 1965, pp. 364; B. Russell, *Introduzione alla filosofia matematica*, Loganesi, 1962, pp. 329; M. Schiavone, *Il pensiero filosofico di Ludwig Wittgenstein alla luce del «Tractatus logico-philosophicus»*, in ‘Rivista di Filosofia Neo-Scolastica’, vol. 47, n. 3, 1955, pp. 225 – 252; P. Tripodi, *Ludwig Wittgenstein*, in ‘Nuova informazione bibliografica, Il sapere nei libri’, vol. 2, 2010, pp. 223 – 252; A. Vasa, *Struttura e interpretazione della logica di Russell*, in ‘Rivista Critica Di Storia Della Filosofia’, vol. 8, n. 2, 1953, pp. 108 – 138.

⁴¹ Per alcune notizie su questo autore si veda la precedente nota.

⁴² Sul finire dell'Ottocento, come già scritto, si assistette ad un nuovo modo di intendere la matematica e il rapporto di questa scienza con il mondo; grazie ai diversi studi si assistette all'introduzione di nuove teorie le quali “venivano organizzate assiomaticamente, vale a dire con alcuni postulati, o assiomi, riguardanti concetti primitivi non altrimenti caratterizzati se non dalle mutue relazioni imposte dagli assiomi stessi: i teoremi erano ciò che si poteva dedurre logicamente da questi. L'esperienza mostrava che era sempre possibile concepire diversi sistemi di enti che realizzassero i legami o vincoli posti dagli assiomi, a differenza di quello che pensava la tradizione, che gli assiomi cioè fossero evidenti verità elementari di una realtà familiare. I sistemi assiomatici diventavano sistemi integrati e chiusi in sé; le diverse realizzazioni più o meno concrete erano possibili o interpretandoli in teorie classiche familiari, alle quali si concedeva una preferenza se non altro storicamente garantita, oppure descrizioni ontologicamente non impegnative che utilizzavano parole neutre come «sistemi di cose», detti «modelli» delle teorie. I «sistemi» diventano «insiemi», con il diffondersi del linguaggio insiemistico.” Cit. G. Lolli, *Gödel*, in ‘Nuova informazione bibliografica, Il sapere nei libri’, n. 3, 2008, pp. 421 – 422.

⁴³ Una presentazione del programma di Hilbert più dettagliata è qui riportata: “Nell'impostazione deduttiva, una condizione sembrava almeno necessaria per dare un valore a queste reti di legami logici, vale a dire la non contraddittorietà: la garanzia che derivando teoremi non si sarebbe arrivati mai a una contraddizione. Altrimenti la teoria avrebbe incluso qualsiasi enunciato come teorema, e il lavoro di paziente costruzione di dimostrazioni sarebbe risultato una fatica del tutto vana. In alternativa alla prova della non contraddittorietà, era accettabile la possibilità di un'interpretazione in un dominio o in un'altra teoria consolidata e affidabile, ma il rimando ad altre teorie doveva avere un termine. Un'altra condizione sembrava auspicabile, se il metodo assiomatico doveva recuperare in sé la tradizionale credenza che il mondo sia scritto in lingua

contraddittorietà, di ogni teoria matematica, a cominciare dall'aritmetica, doveva inoltre, utilizzando le definizioni di Hilbert stesso⁴⁴, “*essere ottenuta per mezzo di strumenti finitari, ossia la certezza deve essere ridotta alla manipolazione finita di simboli*”⁴⁵. In particolare, questo argomento rappresentava il cosiddetto *Entscheidungsproblem* o problema della decisione, il secondo dei 23 problemi⁴⁶, i quali furono già presentati dallo

matematica, e che le teorie matematiche parlino di un oggetto ben definito: le diverse possibili interpretazioni non dovevano essere troppo diverse tra loro, augurabilmente doveva essercene essenzialmente una sola. In questo caso la teoria si dice categorica. Se questo non era possibile, perché apparentemente non era possibile, in quanto ogni interpretazione poteva sempre essere declinata in altre, le diverse interpretazioni dovevano essere almeno tali da fornire le stesse verità, sì che le loro differenze non fossero quindi matematicamente significative: se qualcosa era vero in una di esse doveva essere vero in tutte. Dal punto di vista logico questo significa che per ogni enunciato possibile, o l'enunciato o la sua negazione dovevano essere deducibili dagli assiomi. La deducibilità diventava a due valori, come la verità in una struttura. Questa proprietà era detta completezza della teoria, ed era invocata o ipotizzata almeno per le teorie che sembravano essere state costruite per parlare di concetti apparentemente univocamente determinati e presenti all'intuizione, e fondamentali, come quello di numero naturale. Correttezza e completezza sono i due problemi che sono ritenuti urgenti, e vengono studiati nel corso dei primi venti anni del secolo, in riferimento in particolare a una teoria di base come l'aritmetica, sulla quale con la definizione dei sistemi numerici appoggiava tutta l'analisi, e alla non contraddittorietà della quale molte altre erano riconducibili, ad esempio la geometria. Il programma di Hilbert era quello di dare una risposta positiva a queste aspettative. L'indagine auspicata da David Hilbert (1862-1943) doveva essere una ricerca matematica, un nuovo settore della matematica che egli battezzò «metamatemica», assegnandole gli obiettivi sopra citati. La possibilità di dimostrare queste proprietà sembrava tuttavia confliggere con la natura degli enti a cui si riferivano, enti di tipo linguistico o logico, come linguaggi e dimostrazioni. L'idea di Hilbert era quella di sfruttare la nuova logica formale, che aveva costruito linguaggi simbolici adeguati alla rappresentazione di ogni ragionamento matematico. Una volta formalizzate, cioè scritte in questi linguaggi, le teorie sono tradotte in schemi simbolici vuoti di significato sui quali è possibile ragionare in modo combinatorio, con metodi di sicura garanzia perché praticamente equivalenti a manipolazioni fisiche su oggetti che sono i simboli e le loro strutturazioni in sequenze o altre strutture. Per avere la certezza della non contraddittorietà è necessario che assunzioni e regole abbiano una affidabilità maggiore di tutte le teorie alle quali si devono applicare. I metodi di Hilbert, chiamati finitisti, dovevano essere largamente meno problematici di quelli della stessa aritmetica, che corteggia l'infinito nel suo uso del principio di induzione.” Da G. Lolli, op. cit., 2008, pp. 422 – 423. Si veda anche: R. Zach, Hilbert's Program, in 'The Stanford Encyclopedia of Philosophy', Edward N. Zalta (ed.), 2019, in <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/hilbert-program>. Sui concetti di completezza e coerenza: “un sistema formale è completo quando ogni sua formula ben formata risulta dimostrabile oppure refutabile; un sistema formale è coerente se nessuna negazione di un teorema è a sua volta un teorema. La coerenza e la completezza vanno di pari passo perché una volta che si dimostra che un sistema assiomatico è coerente e completo, allora non corriamo il pericolo di dimostrare dei teoremi falsi e di non dimostrare tutti i teoremi veri.” Cit. M. Piazza, Il programma di Hilbert, in U. Eco (a cura di), Il Novecento - Scienze e tecniche: Storia della Civiltà Europea, EncycloMedia Publishers, 2014, pp. 707.

⁴⁴ M. Davis, op. cit., Adelphi, 2018, p. 150.

⁴⁵ M. Piazza, op. cit., 2014.

⁴⁶ Cfr. D. Hilbert, *Mathematical problems*, in 'Bulletin of the American Mathematical Society', n. 8, 1902, pp. 437 – 479; in particolare si veda il secondo problema, “*The compatibility of the arithmetical axioms*”, pp. 447 – 449, in <https://www.ams.org/journals/bull/1902-08-10/S0002-9904-1902-00923-3/>

stesso matematico di Königsberg⁴⁷ nel 1900 durante il Congresso internazionale dei matematici a Parigi; attraverso la risoluzione in sequenza dei problemi, questi avrebbe dimostrato, per l'appunto, come fosse possibile risolvere tutti i problemi matematici considerandoli all'interno di un sistema formale.

Questo progetto di codificare tutta la matematica trovò, nel 1929, il suo canto del cigno per mano del giovane Gödel, il quale, approcciandosi alla logica, dimostrò la completezza proprio dei sistemi logici, all'interno di quella che era stata la sua tesi di dottorato. Partendo dai *Principia Mathematica* di Whitehead e Russell ed i *Grundzüge* di Hilbert, Gödel presentò così il problema: “*L'oggetto principale delle ricerche seguenti è la dimostrazione della completezza del sistema di assiomi per il cosiddetto calcolo funzionale ristretto dato nei Principia Mathematica di Russell, parte I, n. 1 e n. 10 e analogamente nei Grundzüge der theoretischen Logik di Hilbert e Ackerman, III, § 5. Qui 'completezza' significherà che ogni formula universalmente valida esprimibile nel calcolo funzionale ristretto (Zählansage universalmente valida secondo Löwenheim) può essere dedotta dagli assiomi mediante una successione finita di inferenze formali. Si riconosce facilmente che questa affermazione è equivalente alla seguente: ogni sistema coerente di assiomi consistente solo di Zählansage ha una sua realizzazione*”⁴⁸.

Il teorema di completezza semantica per la logica di primo ordine⁴⁹ dello scienziato di Brno sembra di primo acchito rafforzare lo stesso

⁴⁷ Königsberg, città natale di Hilbert, è il nome storico della città prussiana corrispondente all'odierna Kaliningrad, in Russia.

⁴⁸ Così in U. Pagallo, *op. cit.*, 2005, p. 83, tratto da K. Gödel, *Sulla completezza del calcolo della logica*, 1929, in E. Ballo, G. Lolli C. Mangione (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume I: 1929 – 1936*, Bollati Boringhieri, 1999, p. 63.

⁴⁹ “Se si indica con \perp la derivabilità formale in un sistema di regole logiche, la notazione $T \perp \phi$, che si legge « ϕ è derivabile da T», indica l'esistenza di una derivazione di ϕ da T, ovvero una successione di formule che sono o elementi di T o sono ottenute da precedenti per applicazione di una regola logica, e che termina con ϕ . La proprietà che Se $T \perp \phi$ allora ϕ è conseguenza logica di T si chiama correttezza o validità (*soundness*) del sistema logico. Viceversa, Se ϕ è conseguenza logica di T allora $T \perp \phi$ è la proprietà di completezza del sistema logico, ed è il teorema di completezza di Gödel. Il problema era stato posto nel libro di Hilbert e Ackermann del 1928 che è stato il primo manuale di logica matematica, e Gödel alla ricerca di un argomento di tesi lo risolse nel 1929. Gödel in effetti dimostrò la formulazione equivalente: Se T è non contraddittoria, allora esiste un modello di T. Questo teorema giustifica la posizione che Hilbert aveva sostenuto in

programma hilbertiano, nonostante la propria non condivisione dell'impostazione filosofica positivo-formalista, in quanto maggiormente votato alla corrente platonista, come emergerà in numerosi scritti durante la sua vita⁵⁰: *“pensava che al di là degli oggetti esistesse un mondo di concetti a cui gli uomini avevano accesso attraverso l'intuizione. Allo stesso modo, per lui un enunciato doveva avere un «valore di verità» definito: essere vero o falso indipendentemente dal fatto che fosse stato dimostrato o empiricamente confermato o rigettato. Secondo Gödel, tale filosofia costituiva un supporto alle sue notevoli intuizioni matematiche”*⁵¹.

Sebbene la tesi di dottorato presso l'Università di Vienna risalga al 1929, i risultati di Gödel sulla completezza del calcolo della logica furono pubblicati e presentati solamente l'anno successivo con il titolo 'La completezza degli assiomi del calcolo funzionale del primo ordine'. Nello specifico i risultati trovarono luce il 6 settembre del 1930⁵², durante la Conferenza sull'epistemologia delle scienze esatte di Königsberg, durante la

polemica con Gottlob Frege (1848-1925), in difesa del metodo assiomatico, esprimendo la convinzione che la non contraddittorietà implica l'esistenza. Forse per la prima volta un teorema dirime una questione metafisica.” Cit. G. Lolli, op. cit., 2008, pp. 423 – 424.

⁵⁰ Inoltre, si può segnalare, come gli stessi teoremi di incompletezza su cui ci si soffermerà a breve siano frutto di una riflessione sul pensiero kantiano, sebbene lo stesso Gödel preciserà nei suoi scritti di non condividere a pieno la filosofia kantiana, essendo maggiormente interessato all'idealismo post-kantiano. Cfr.; E. Ballo, G. Lolli, C. Mangione (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume III: Saggi inediti e conferenze*, Bollati Boringhieri, 2006; P. Odifreddi, *Gödel e Turing. La nascita del computer e la società dell'informazione*, Gruppo editoriale l'Espresso, 2012; P. Odifreddi, *Il dio della logica. Vita geniale di Kurt Gödel, matematico della filosofia*, Longanesi, 2018, pp. 324; S'invita alla lettura del testo del matematico italiano Odifreddi presente al seguente link, in cui l'autore mette in relazione l'intelligenza artificiale ed i teoremi di incompletezza di Gödel, partendo dalla lettura di due libri, 'Gödel, Escher e Bach' di Douglas Hofstadter, e 'La nuova mente dell'imperatore' di Roger Penrose, in http://scienzagiovane.unibo.it/intartificiale/odifreddi/godel_ia.html.

⁵¹ Cit. P. Odifreddi, op. cit., 2012, p. 46.

⁵² Così K. Gödel, La completezza degli assiomi del calcolo funzionale logico, 1930, in E. Ballo, G. Lolli, C. Mangione (a cura di), op. cit., 1999, p. 83: “Come è noto, Whitehead e Russell hanno costruito la logica e la matematica ponendo all'inizio come assiomi certe proposizioni evidenti e deducendo da questi i teoremi della logica e della matematica mediante alcuni principi di inferenza, precisamente formulati, in modo puramente formale (ossia senza fare ulteriore uso del significato dei simboli). Ovviamente quando si segue una tale procedura, sorge immediatamente il problema se il sistema di assiomi e di principi di inferenza inizialmente postulati è completo, vale a dire, se esso è effettivamente sufficiente per la derivazione di ogni proposizione logico-matematica o se, forse, è concepibile che esistano proposizioni vere (che addirittura possono essere dimostrate mediante altri principi) che non possono essere derivate nel sistema considerato. Per le formule del calcolo proposizionale la questione è stata risolta affermativamente, ossia è stato dimostrato che ogni formula corretta del calcolo proposizionale segue effettivamente dagli assiomi dati nei Principia Mathematica. La stessa cosa verrà fatta qui per un dominio più esteso di formule, precisamente quelle del calcolo funzionale ristretto”.

quale fu affermato il seguente teorema: “*Teorema I. Ogni formula universalmente valida del calcolo funzionale ristretto è dimostrabile*”⁵³. Il giorno seguente, il 7 settembre, durante una tavola rotonda⁵⁴, il giovane scienziato moravo affermò che, anche qualora questo sistema formale fosse risultato coerente, sarebbe stato possibile dimostrare in esso una proposizione sui numeri naturali che vista dall'esterno sarebbe risultata falsa; in altre parole “*la pura e semplice coerenza di un sistema non garantisce che ciò che in esso veniva dimostrato fosse vero*”⁵⁵. Continuando con le parole dello stesso Gödel: “*Se agli assiomi di Peano aggiungiamo la logica dei Principia mathematica (considerando come individui i numeri naturali) e l'assioma di scelta (per tutti i tipi), otteniamo un sistema formale S per il quale valgono i seguenti teoremi [...]*”⁵⁶, “*1. Qualunque sistema formale coerente S in cui una certa quantità di aritmetica elementare può essere espressa è incompleto rispetto a proposizioni di aritmetica elementare: esistono proposizioni che non possono essere né dimostrate né confutate in S . 2. Per qualunque sistema formale coerente in cui una certa quantità di aritmetica elementare può essere espressa, la coerenza di S non può essere dimostrata in S* ”⁵⁷.

⁵³ Con ‘calcolo funzionale ristretto’ s’intende il calcolo predicativo ristretto, ossia la cd. logica del primo ordine su cui si basava tutto l’impianto positivista – formalista. A titolo esemplificativo si veda A. Asperti, A. Ciabatonì, *Logica a Informatica*, McGraw-Hill Education, 1997, pp. 99 – 100 in cui è così definita: “Nella logica matematica, una teoria del primo ordine (o calcolo dei predicati) è un particolare sistema formale, cioè una teoria formale, in cui è possibile esprimere enunciati e dedurre le loro conseguenze logiche in modo del tutto formale e meccanico. La teoria del prim’ordine estende di fatto la logica proposizionale con l’introduzione di quantificatori esistenziali e universali, predicati, funzioni, variabili e costanti, che apportano maggiore potenza espressiva al calcolo dei predicati”.

⁵⁴ Per il testo completo delle osservazioni di Gödel al congresso si vedano: S. Feferman et al. (a cura di), *Kurt Gödel: The Collected Works: Volume I Publications 1929-1936*, Oxford University Press, 1986, pp. 139 – 144; J. W. Dawson Jr, *Dilemmi logici. La vita e le opere di Kurt Gödel*, Bollati Boringhieri, 2001, pp. 83 – 87.

⁵⁵ M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 158 – 159.

⁵⁶ Cit. U. Pagallo, *op. cit.*, 2005, p. 85, in K. Gödel, *Alcuni risultati metafisici su completezza e coerenza*, 1930, in *op. cit.*, Vol. I, 1999, p. 111.

⁵⁷ Cit. M. Livio, *Dio è un matematico*, Rizzoli, 2009, p. 240. Si è scelto di riportare la seguente citazione in quanto a mio parere appare maggiormente chiara, mantenendo un certo rigore matematico; per una definizione ancora più di semplice comprensione, il primo teorema di incompletezza può essere così espresso: “Il primo teorema di incompletezza di Gödel afferma che tutte le formulazioni assiomatiche coerenti della teoria dei numeri che includono l’aritmetica di Peano includono proposizioni indecidibili; mentre il secondo teorema di incompletezza di Gödel afferma che: “nessun sistema assiomatico coerente che includa l’aritmetica di Peano può dimostrare la propria coerenza.” Cit. rispettivamente: E. W. Wisstein, *Gödel’s First*

Per giungere a queste conclusioni Gödel utilizzò il cd. ‘paradosso del mentitore’⁵⁸; una volta codificato il sistema formale analizzato attraverso il procedimento di gödelizzazione, che permette di associare ad ogni elemento del sistema, come un enunciato matematico, un numero naturale, inserì l’enunciato, paradossale, G: “*Questo enunciato non ammette alcuna dimostrazione nel sistema dei Principia mathematica*”⁵⁹. In questo contesto, Gödel ebbe modo di dimostrare l’esistenza di almeno un enunciato G all’interno di un sistema formale che è vero, ma che non può essere dimostrato al suo interno. Questo enunciato rende il sistema incompleto, nel senso che non può dimostrare tutte le verità matematiche. Se l’enunciato G fosse dimostrabile all’interno del sistema, si verificherebbe una contraddizione; se non fosse dimostrabile, allora l’enunciato G stesso sarebbe dimostrabile, generando di nuovo una contraddizione nel sistema; di conseguenza il sistema non può essere simultaneamente completo e coerente. In questo modo, inoltre, Gödel dimostrò che se esiste una formula G che è vera ma non dimostrabile in un sistema di assiomi S, allora è possibile considerare un nuovo sistema S’ che contenga S oltre all’aggiunta di G. Questa procedura può essere iterata all’infinito, poiché sarà sempre possibile considerare un sistema assiomatico più ampio, come stabilito dal primo teorema di Gödel⁶⁰. È così che al problema di Hilbert sulla completezza della matematica veniva posta la relativa pietra tombale.

Incompleteness Theorem, in ‘MathWorld – A Wolfram Web Resource’, Wolfram Research, 2022, in <https://mathworld.wolfram.com/GoedelsFirstIncompletenessTheorem.html>; ID., *Gödel’s Second Incompleteness Theorem*, in ‘MathWorld. A Wolfram Web Resource’, 2022, in <https://mathworld.wolfram.com/GoedelsSecondIncompletenessTheorem.html>.

⁵⁸ Il paradosso del mentitore consiste nell’enunciare una proposizione auto-negante come “Questa frase è falsa”. Cfr. A. Di Caro, *Il paradosso del mentitore*, in ‘Linguæ & Rivista di lingue e culture moderne’, vol. 20, n. 2, 2021, pp. 143 – 154; Marco Li Calzi, *Matematica e sincerità*, in M. Emmer (a cura di), *Matematica e cultura*, Springer, 2010, pp. 209 – 218; P. Müller, *Il mentitore e il Medioevo. Il dibattito sui paradossi dell’autoriferimento* Lorenzo Pozzi, in ‘Rivista Di Filosofia Neo-Scolastica’, vol. 82, n. 4, 1990, pp. 652 – 654.

⁵⁹ Cit. D. R. Hofstadter, *Gödel, Escher, Bach: un’Eterna Ghirlanda Brillante*, Adelphi, 2013, p. 19. Qui l’enunciato è esplicitato in linguaggio naturale.

⁶⁰ A tal proposito appare interessante quanto scrive a riguardo Davis: “Quale che sia il formalismo dato, vi sono problemi matematici che lo trascendono. È anche vero, però, che in linea di principio ognuno di questi problemi apre la via a un sistema più potente che permette di risolverlo; possiamo immaginare una gerarchia di sistemi sempre più potenti ognuno dei quali permette di rispondere a domande lasciate senza risposta da quelli più deboli”. Cit. M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 160 – 161.

Come è possibile intuire però questo è solo un aspetto parziale dell'intera questione. Infatti, attraverso il secondo teorema di Gödel, veniva affermato che l'aritmetica, in quanto sistema formale, con i suoi mezzi non è in grado di dimostrare la propria consistenza a meno che non sia in realtà incoerente. In altre parole, se un sistema formale è coerente (cioè non conduce a contraddizioni), non può dimostrare questa proprietà all'interno di sé stesso. Ciò implica che per dimostrare la coerenza di un sistema formale è necessario l'utilizzo di metodi più potenti di quelli del sistema considerato; in altre parole, è sempre necessario ricorrere ad una metateoria. Di conseguenza, ogni teoria, come l'aritmetica, necessita sempre di una metateoria, in modo tale che non esista alcuna teoria ultima in grado di fondare tutte le altre, compresa, ovviamente, la matematica o comunque qualunque sistema assiomatico considerato. In questo modo, almeno teoricamente, sarebbe possibile sviluppare e studiare sistemi più deboli al fine di comprendere le loro peculiarità e le relative problematiche interne che potrebbero emergervi. Questo approccio tutt'oggi potrebbe e dovrebbe risultare cruciale per risolvere questioni che altrimenti non sarebbero affrontabili utilizzando solo sistemi più potenti.

L'approccio qui descritto, a mio avviso, potrebbe rappresentare un metodo da adottare dal campo del diritto, e dalla scienza giuridica, nello studio delle tematiche tutelate, con l'obiettivo di creare un sistema non contraddittorio ed il più possibile preciso. Le implicazioni di tale approccio risulterebbero significative, influenzando non solo la formulazione delle leggi e delle norme, ma anche l'applicazione pratica e l'interpretazione delle stesse.

I risultati dei principi di indeterminatezza furono pubblicati l'anno seguente⁶¹ ma l'impatto ottenuto già durante la conferenza di Königsberg decretarono la fine del programma di Hilbert e l'avvio verso una nuova fase della matematica. Nonostante ciò, Gödel, come dimostrato anche dai suoi scritti successivi, non ritenne nei suoi teoremi una completa disfatta del metodo assiomatico, bensì esclusivamente una prova del fatto che non sia

⁶¹ K. Gödel, *Proposizioni formalmente indecidibili*, 1931, in K. Gödel, *op. cit.*, Vol. I, 1999, pp. 113 – 138.

possibile una completa meccanizzazione dei processi, poiché vi è sempre la necessità, nella ricerca matematica, di tenere in considerazione anche l'elemento dell'intuizione o della probabilità⁶².

In particolare, intorno agli anni Quaranta del XX secolo e fino alla fine dei suoi giorni, Gödel indirizzò i suoi studi specialmente alle questioni filosofiche. Fu in uno scritto del 1944, intitolato 'La logica matematica di Russell'⁶³, che egli richiamò l'approccio di Leibniz, il quale diede il via all'impostazione formalistica della ricerca della *characteristica universalis*; fu in questo contesto che il pensiero di Leibniz venne nuovamente posto sotto i riflettori delle scienze. Già nell'introduzione l'autore austriaco, essendosi trasferito nel frattempo negli Stati Uniti d'America a causa della Seconda guerra mondiale, così esordiva: "*La logica matematica, che altro non è se non una formulazione precisa e completa della logica formale, ha due aspetti molto diversi. Da un lato essa è una parte della matematica che tratta di classi, relazioni, combinazioni di simboli ecc. invece che di numeri, funzioni, figure geometriche ecc. Dall'altro, essa è una scienza precedente tutte le altre che contiene le idee e i principi sottostanti a tutte le scienze. Fu in questo secondo senso che la logica matematica fu inizialmente concepita*

⁶² Per una maggiore chiarezza espositiva sull'intuizione, ulteriore rispetto a quanto già fatto nel corso delle pagine precedenti, si riporta qui una breve descrizione a mano dell'informatico italiano Giuseppe Longo, dove emerge parte del suo pensiero riguardo la necessità di considerare la matematica in ogni suo aspetto evitando una sterile meccanizzazione che, se da un lato è in grado di condurre verso risultati discreti, dall'altro rischia una normalizzazione cieca da parte degli studiosi: "L'intuizione, quindi, potrebbe venire vista come un riferimento diretto, sebbene pre-concettuale, alla varietà dei significati possibili, la cui interconnessione giustifica e anzi provvede alla robustezza delle costruzioni matematiche. L'intuizione matematica è l'abilità di inserire in un'espressione più o meno formale, che sia uno spunto o un vero e proprio simbolo denotativo, in una 'rete' di significati. [...] L'intuizione, quindi, precede e segue al tempo stesso il linguaggio. Lo segue, nel senso che 'vede' il risultato di una costruzione concettuale, anche solo, formale, già completamente sviluppata nel linguaggio; lo precede, nel senso che la visione dell'intuizione deve venire solitamente fatta seguire da una formalizzazione linguistica ulteriore, dato che potrebbe essere la visione di una struttura completamente nuova, combinazione di strutture prima inesistenti, che debba dunque trovare la sua prima traduzione completa nel linguaggio. L'intuizione matematica è, però, ben lontana dall'essere una capacità statica o pura. L'allenamento è fondamentale: un'intuizione è spesso mutevole, nonché imbevuta delle impurità delle esperienze soggettive sebbene poi venga resa condivisibile e oggettivata dalle radici cognitive comuni a tutti i soggetti, e proprio tramite lo scambio tra questi ultimi. È, questo un aspetto fondamentale del buon insegnamento della matematica, che segna davvero la differenza rispetto ad un cattivo modo di trasmetterla, ovvero spacciandola per un uso 'compulsivo' e meccanico di formule prive di alcun tipo di significato." Cit. G. Longo, *op.cit.*, p. 84.

⁶³ K. Gödel, *La logica matematica di Russell*, 1944, in E. Ballo, G. Lolli, C. Mangione (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume II: 1938 – 1974*, Bollati Boringhieri, 2002, pp. 124 – 145.

da Leibniz nella sua Characteristica universalis, della quale avrebbe formato una parte centrale. Ma è solo dopo almeno due secoli dalla sua morte che la sua idea di un calcolo logico effettivamente sufficiente per il tipo di ragionamento che si presenta nelle scienze esatte è stata realizzata (almeno in una qualche forma, se non in quella che Leibniz aveva in mente) da Frege e Peano. Frege era principalmente interessato all'analisi del pensiero e usava il suo calcolo, in primo luogo, per derivare l'aritmetica dalla pura logica. Peano, d'altra parte, era più interessato alle sue applicazioni alla matematica e creò un simbolismo elegante e flessibile che permette di esprimere anche i teoremi matematici più complicati in una maniera perfettamente precisa e spesso molto concisa, mediante singole formule.”⁶⁴.

Avendo dunque inquadrato il contesto in cui la logica matematica venne introdotta ed avendo proseguito, analizzando e commentando i diversi aspetti matematici affrontati in quegli anni dai suoi colleghi riguardo le opere di Russell, così Gödel concluse richiamando, nuovamente, Leibniz ma questa volta non limitandosi alla mera descrizione di un'analisi storica, bensì richiamando l'attenzione sul progetto leibniziano maggiormente significativo: *“Sembra ragionevole sospettare che questa comprensione incompleta dei fondamenti sia responsabile del fatto che la logica matematica sia finora rimasta molto al di sotto delle alte aspettative di Peano e altri i quali (in accordo con quanto affermato da Leibniz) avevano sperato che essa avrebbe facilitato la matematica teoretica nella stessa misura in cui il sistema numerico decimale ha facilitato le computazioni numeriche. Infatti; come ci si può aspettare di risolvere sistematicamente problemi matematici mediante la mera analisi dei concetti in essi occorrenti, se finora la nostra analisi non è stata neppure sufficiente a stabilire gli assiomi? Ma non dobbiamo perdere ogni speranza. Nei suoi scritti sulla Characteristica universalis Leibniz non parlava di un progetto utopico; se dobbiamo credere alle sue parole egli aveva sviluppato in larga misura questo calcolo del ragionamento, ma ne rimandava la pubblicazione*

⁶⁴ K. Gödel, *La logica matematica di Russell*, 1944, in K. Gödel, *op.cit.*, Vol. II, 2002, p. 124.

perché il seme potesse cadere su un terreno fertile. Egli si spinse anzi così avanti da stimare il tempo necessario perché il suo calcolo venisse sviluppato da pochi scienziati scelti fino a un punto tale 'che l'umanità avrebbe una nuova specie di strumento che accresca la potenza della ragione molto più in là che ogni strumento ottico avesse mai aiutato la potenza della visione'. Il tempo che egli indica è di cinque anni, e afferma che il suo metodo non è per nulla più difficile da apprendere della matematica o della filosofia del suo tempo. Inoltre, afferma ripetutamente che anche nello stato rudimentale in cui lui aveva sviluppato la teoria stessa, questa era responsabile di ogni sua scoperta matematica; il che, ci si dovrebbe aspettare, anche Poincaré riconoscerebbe come una dimostrazione sufficiente della sua fecondità.”⁶⁵

Questo passaggio mostra chiaramente come Gödel, avvicinandosi agli studi di Leibniz, riproponesse la speranza verso quel linguaggio universale capace di poter rivoluzionare le scienze ed aprire ai nuovi studi sul pensiero umano.

5. *L'impianto embrionale dell'informatica*

Le ricerche di Gödel, lapalissianamente, per quanto abbiano avuto un impatto decisamente significativo sia nei campi della matematica e della fisica, sia della filosofia, tuttavia, non hanno limitato il proprio raggio d'azione esclusivamente a questi ambiti. Infatti, trovarono significativa risonanza anche nell'informatica teorica e nella teoria della computazione, entrambi rientranti nell'ambito più ampio dell'informatica, una disciplina ancora in fase embrionale durante quegli anni. Infatti, lo studio delle leggi del pensiero, come qui precedentemente illustrato, non disponeva ancora di uno strumento sufficientemente potente che permettesse di mettere in relazione e calcolare le informazioni ottenute in modo meccanico. Questa mancanza di strumenti adeguati limitò la velocità e la precisione dei calcoli.

⁶⁵ K. Gödel, *La logica matematica di Russell*, 1944, in K. Gödel, *op.cit.*, Vol. II, 199, p. 145.

Di conseguenza, le ricerche di Gödel contribuirono, in modo cruciale, a sviluppare le basi teoriche dell'informatica, fornendo un impulso fondamentale per l'evoluzione di questa disciplina verso nuovi orizzonti di potenza e precisione.

Ho già avuto modo di citare esempi di calcolatrici meccaniche, ma è importante notare come queste non siano minimamente paragonabili ai calcolatori che cominciarono ad essere ideati e costruiti a partire dagli anni Trenta del XX secolo⁶⁶.

Spunto decisivo per la creazione di questi strumenti, provenne, ancora una volta, dall'*Entscheidungsproblem* di Hilbert. Indubbiamente, Gödel aveva affrontato e risolto il problema in relazione alla coerenza e completezza della matematica, avendo evidenziato lo “*scollamento della*

⁶⁶ Circa un secolo prima Charles Babbage (1792 – 1871), filosofo e matematico inglese, approcciò al calcolo meccanico presentando nel 1822 richiesta fondi per il progetto di una ‘macchina differenziale’ (*‘Difference Machine’*) sviluppata per generare tavole matematiche di vario genere, in particolare funzioni polinomiali. La costruzione di questa macchina ebbe inizio ma non vide mai termine a causa dei costi elevati e delle difficoltà tecniche nella costruzione. Babbage però non demorse e si concentrò su una nuova macchina. Sebbene anche la nuova invenzione non trovò mai fisicità, ideò quello che è considerato il primo prototipo di computer, la ‘macchina analitica’ (*‘Analytical Engine’*). Questa nuova macchina era dotata di un ‘magazzino’ e di un ‘mulino’ che, rispettivamente, fungevano da memoria e da unità di calcolo e decisione. La macchina analitica era pensata per essere programmabile per mezzo di schede perforate alla stregua del telaio di Jacquard, un telaio automatico controllato, per l'appunto, da schede perforate. A questo progetto contribuì anche Ada Byron, contessa di Lovelace (1815 – 1852), la quale, una volta entrata nella cerchia di Babbage, tradusse dal francese all'inglese un articolo, *‘Notions sur la machine analytique de Charles Babbage’* dello scienziato e politico italiano Luigi Federico Menabrea sulla macchina analitica, dopo che questi conobbe ed ebbe modo di apprezzare l'invenzione di Babbage. Durante la traduzione, iniziò un fitto carteggio con Babbage ed ampliò il testo francese con note volte ad offrire spunti sulla programmabilità della macchina ipotizzandone usi al di là del mero calcolo automatico; per queste descrizioni ed alcuni algoritmi da codificare sulle schede, è riconosciuta come la prima programmatrice della storia. Inoltre, sempre durante il viaggio quel Italia che lo portò a conoscere Menabrea, Babbage ebbe modo di conoscere ulteriori diversi matematici presentatigli dall'amico Giovanni Plana. L'occasione fece sì che, durante un discorso sulla sua macchina analitica con diversi matematici Babbage affrontasse il tema dell'intelligenza della macchina, intesa come la possibilità da parte di questa di prendere decisioni autonome; citando da Henin (2015), p. 106: “La vera difficoltà consiste nell'insegnare alla macchina come riconoscere la necessità di cambiare la sequenza [delle operazioni] da un insieme di schede perforate a un altro, [...] dopo un intervallo di tempo sconosciuto alla persona che le fornisce gli ordini [il programmatore], quindi la macchina non è un essere senziente, ma semplicemente agisce in base agli ordini che le sono imposti”. Si vedano: J. Fauvel, *L'Ottocento: matematica. Babbage e le origini del calcolo automatico*, in ‘Storia della scienza’, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2003, in [https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-matematica-babbage-e-le-origini-del-calcolo-automatico_\(Storia-della-Scienza\);](https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-matematica-babbage-e-le-origini-del-calcolo-automatico_(Storia-della-Scienza);) S. Henin, *Il computer dimenticato: Charles Babbage, Ada Lovelace e la ricerca della macchina perfetta*, Hoepli, 2015, pp. 149; D. R. Hofstadter, *Op. cit.*, 2013, pp. 26 – 27.

nozione di verità da quella di dimostrabilità”⁶⁷; tuttavia, restava ancora da rispondere alla domanda, ovvero da dimostrare matematicamente, se esistesse un algoritmo, ovvero una procedura di calcolo, attraverso cui ‘decidere’ se da un enunciato matematico, ovvero da premesse, fosse possibile ottenere un teorema, ovvero una conclusione. In altre parole, ci si chiedeva se esistesse un algoritmo per mezzo del quale poter derivare tutta la matematica⁶⁸.

La risposta negativa fu fornita nel 1936 da due scritti indipendenti ad opera di Alonzo Church⁶⁹ (1903 – 1995) ed Alan Turing (1912 – 1954). Analizzando il problema della computabilità, i due matematici si chiesero cosa fosse effettivamente computabile. In particolare, quest’ultimo, nel saggio ‘*On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem*’, riuscì a dimostrare la non esistenza di questo

⁶⁷ Continua “(o, da un punto di vista formalista, di “derivabilità”): nei sistemi formali più complessi esistono enunciati veri in ogni modello, ma di cui non può essere fornita una dimostrazione formale”. Così continua la citazione da M. Matteuzzi, *Turing-computabilità e Leibniz-computabilità*, in F. Bianchini, S. Franchi, M. Matteuzzi (a cura di), *Verso un’archeologia dell’intelligenza artificiale*, in ‘Discipline Filosofiche’, vol. XVII, n. 1, 2007, p. 180. Ho preferito inserire il continuo in nota per non appesantire il testo con concetti già espressi ma che ritengo essere altrettanto importanti.

⁶⁸ Per utilizzare le parole di Leibniz dal ‘*De arte characteristica ad perficiendas scientias ratione nitentes*’: “quando orientur controversiae, non magis disputatione opus erit inter duos philosophos, quam inter duos computistas. Sufficiet enim calamos in manus sumere sedereque ad abacos, et sibi mutuo (accito si placet amico) dicere: Calculemus”.

⁶⁹ Alonzo Church (1903 – 1995) matematico e logico statunitense, ha introdotto nel 1932 il lambda calcolo (in ‘*A Set of Postulates for the Foundation of Logic*’), una formalizzazione matematica che rappresenta funzioni matematiche e che ha avuto un ruolo fondamentale nella definizione delle basi teoriche dell’informatica e dell’intelligenza artificiale. Il lambda calcolo è stato utilizzato come modello matematico per la progettazione e l’analisi di linguaggi di programmazione, algoritmi e processi computazionali. In seguito, nel 1936 (in ‘*An unsolvable problem of elementary number theory*’), ha dimostrato che il problema della decisione non può essere risolto con un algoritmo, ovvero una procedura meccanica e finita, ma solo tramite un procedimento di tipo euristico. Questa dimostrazione è stata fondamentale nello sviluppo della teoria della computazione e ha portato alla definizione della classe di complessità dei problemi indecidibili. Sia Turing che Church giunsero alla stessa conclusione ma attraverso approcci diversi. Entrambi hanno dimostrato l’equivalenza tra la nozione di algoritmo e la nozione di funzione calcolabile. Church lo ha fatto attraverso il lambda-calcolo, mentre Turing attraverso la sua macchina di Turing, così come descritto nel testo. Nonostante le due definizioni siano diverse, entrambe le nozioni di calcolabilità si dimostrano equivalenti, ovvero possono essere usate indistintamente per descrivere la stessa classe di funzioni calcolabili. Cfr. S. Bozzi, *lambda-calcolo*, ‘Enciclopedia della Scienza e della Tecnica’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2008, in https://www.treccani.it/enciclopedia/lambda-calcolo_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/; A. Church, *An unsolvable problem of elementary number theory*, in ‘*American Journal of Mathematics*’, vol. 58, n. 2, pp. 345 – 363; M. Davis, *Op. cit.* 2018 pp. 213 – 214; H. Deutsch, O. Marshall, *Alonzo Church*, ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’ Edward N. Zalta ed., 2022, in <https://plato.stanford.edu/entries/church/index.html>; voce *Alonzo Church*, in ‘Dizionario di filosofia’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2009.

‘algoritmo universale’, introducendo un espediente: utilizzò un modello matematico corrispondente ad una macchina calcolatrice a circuiti elettrici, immaginando che fosse questa e non un essere umano a dover dimostrare l’esistenza di questo algoritmo. Questo modello prese il nome di ‘Macchina di Turing’ (Mt). Oggetto d’attenzione per Turing fu, infatti, il procedimento computistico⁷⁰ umano, spogliato di tutti quegli elementi non utili, andando ad evidenziare solo quelli atomici. Questa macchina ideale, paragonabile all’elaboratore uomo, è capace di un numero finito di condizioni o configurazioni. La sua struttura consta di un nastro diviso in celle in cui è possibile compiere determinate operazioni grazie ad una testina. La testina può sia scrivere un simbolo nella cella, così come cancellarlo, o ancora può spostare il simbolo scritto di una posizione verso sinistra o verso destra. Il tutto dipenderà dalla configurazione della macchina che andrà ad operare sfruttando il sistema binario in modo da avere solo due simboli da dover utilizzare per descrivere i numeri. Turing dimostrò, dunque, che è possibile creare una Mt per ogni numero da calcolare, attraverso l’utilizzo di queste semplici componenti ed operazioni elementari. È esclusivamente necessario definire le configurazioni della testina e stabilire una tabella di istruzioni che andasse a determinare le operazioni che la testina debba compiere. Attraverso un ragionamento gödelizzante, inoltre, lo scienziato britannico riuscì a codificare ogni tabella delle istruzioni in modo che potesse essere espressa con un simbolo scrivibile sul nastro. Questo portò così all’intuizione di una ‘Macchina Universale di Turing’ (MUT), capace di eseguire qualsiasi operazione compiuta da una Mt. Analizzando poi il ‘problema della fermata’, Turing giunse alla conclusione che alcuni

⁷⁰ Parla infatti Turing di numeri computabili, da lui definiti come quei numeri che possono essere descritti brevemente come i numeri reali le cui espressioni decimali sono calcolabili con mezzi finiti, così come è finita la memoria umana (per quest’ultima si usa l’espressione però “necessariamente limitata”). Cfr. A. Turing, *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*, in ‘Proceedings of the London Mathematical Society’, Oxford University Press, Serie 2, vol. 42, 1936 pp. 230 – 265, versione online 2016, https://londmathsoc.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1112/plms/s2-42.1.230?saml_referrer=;

problemi non ammettono nessuna soluzione generale calcolabile, poiché non sono calcolabili da alcuna Mt⁷¹.

6. *Lo sviluppo dei calcolatori in elaboratori*

Quello che di fatto definì la chiusura *in toto* del programma hilbertiano aprì così le porte ad un nuovo mondo, quello dell'informatica e, nello specifico, pose le basi per quella che sarebbe diventato, negli anni successivi, il campo dell'intelligenza artificiale. Infatti, lo sprofondare del mondo di lì a pochi anni nell'abisso quale ha rappresentato la Seconda Guerra Mondiale (1939 – 1945), comportò, d'altro canto, che la maggior parte delle ricerche in ambito accademico, in particolare nel campo della matematica e dei settori affini, si concentrasse sullo sviluppo di strumenti e soluzioni belliche, tali da condurre alla sconfitta del nemico. Fu così che vennero ad essere realizzati i primi calcolatori moderni, digitali ed elettronici, capaci di manipolare sistemi matematici formali, non più esclusivamente appannaggio della matematica e del suo pensiero ma più genericamente dedicati alla simulazione ed all'interpretazione del pensiero dell'essere umano.

Prima di immergerci nel cuore della questione, “*Possono le macchine pensare?*”⁷², ritengo sia però opportuno soffermarsi, brevemente, proprio su questo punto, ovvero sulla costruzione di questi nuovi calcolatori.

⁷¹ “In estrema sintesi, e semplificando il più possibile, si può dire che il teorema mostra come non possa esistere un algoritmo che controlla la correttezza di tutti gli algoritmi; ovvero, la funzione di stabilire quali funzioni siano computabili non è a sua volta computabile. Tale risultato è noto anche come teorema della incompletezza semantica, oltre che come teorema della fermata; della fermata perché un algoritmo è corretto se e solo se la MT ad esso associata, che lo esegue, si ferma in un numero finito di passi”. Cit. M. Matteuzzi, *op. cit.*, 2007, pp. 181; Cfr. M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 190 – 214; G. C. Ettore, *L'intelligenza artificiale*, in R. Grassi, G. Guglielmi, G. Pinto, A. Siani, (a cura di), *Elementi di informatica in diagnostica per immagini*, Springer, 2010, pp. 197 – 200; C. Mangione e S. Bozzi, *Op. cit.*, 1993, pp. 637 – 661; M. Matteuzzi, *op. cit.*, 2007, pp. 179 – 190; G. Sartor, *L'informatica giuridica e le tecnologie dell'informazione*, Giappichelli, 2016, pp. 47 – 48, con particolare riferimento alla nota 64; A. Turing, G. Lolli, *Intelligenza meccanica*, Bollati Boringhieri, 1994, pp. 7 – 11.

⁷² Cit. “*Can machines think?*”; è la domanda che pose Turing nel 1950 in un suo articolo dal titolo ‘*Computing Machinery and Intelligence*’. Cfr. A. Turing, *Computing Machinery and Intelligence*, in ‘*Mind*’, Oxford University Press, vol. 59, n. 236, 1950, pp. 433 – 460.

Il termine calcolatore fino al secolo precedente aveva prettamente fatto riferimento a persone fisiche piuttosto che alle poche diverse macchine che erano state ideate. Dagli anni Venti del XX secolo, tuttavia, queste macchine iniziarono sempre più ad essere presenti nelle grandi società ed amministrazioni, frutto di meccanicizzazione e standardizzazione del lavoro di ufficio. Un contributo significativo a questo sviluppo fu fornito dall'ingegnere americano Herman Hollerith (1860 – 1929), il quale ottimizzò l'elaborazione dei dati del censimento decennale della popolazione americana del 1890, memorizzando i dati sotto forma di buchi perforati su schede. Infatti, egli utilizzò alcune macchine per perforare le schede mentre altre, i tabulatori, per smistare e contare le schede; così facendo riuscì a velocizzare notevolmente il processo di elaborazione dei dati⁷³.

Inoltre, sempre in quegli anni, sulla scia dell'ideazione della macchina analitica da parte di Babbage⁷⁴, i metodi analitici adoperati nel calcolo diventarono oggetto di meccanicizzazione grazie alla creazione di macchine da utilizzare per i calcoli numerici, in particolar modo per risolvere equazioni differenziali⁷⁵. L'analizzatore differenziale è stata una macchina analogica fatta costruire dall'allora preside della facoltà di Ingegneria del *Massachusetts Institute of Technology*, Vannevar Bush (1890 – 1974) per svolgere questo tipo di calcoli⁷⁶. Quando Claude Shannon (1916 – 2001) divenne assistente di ricerca di Bush su questa macchina siamo nel 1936.

⁷³ Inoltre, “Hollerith fondò una compagnia per sfruttare la sua invenzione, vendendola a compagnie ferroviarie e ad altre società che dovevano fronteggiare i compiti più importanti di elaborazione dati. Nel 1924, sotto la guida di Thomas J. Watson sr (1874 – 1956) e dopo una complessa serie di fusioni e acquisizioni, la Tabulating Machine Company, società fondata da Hollerith, divenne la International Business Machines (IBM)”. Cit. J. Agar, *La seconda rivoluzione scientifica: fisica e chimica (1920-1945). L'elettronica e il calcolo*, in ‘Storia della scienza’, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2004, in https://www.treccani.it/enciclopedia/la-seconda-rivoluzione-scientifica-fisica-e-chimica-l-elettronica-e-il-calcolo_res-730c0873-8b82-11dc-8e9d-0016357eee51_%28Storia-della-Scienza%29/

⁷⁴ Cfr. nota 66.

⁷⁵ “Le equazioni differenziali esprimono velocità o tassi di variazione, come nel caso di proiettili balistici e di correnti elettriche oscillanti. Le equazioni differenziali del secondo ordine si riferiscono a velocità di variazione delle velocità di variazione: dalla posizione alla velocità all'accelerazione. Sono difficili da risolvere analiticamente e spuntano ovunque.” Cit. J. Gleick, *L'informazione*, Universale Economica Feltrinelli, 2015, p. 161.

⁷⁶ Cfr. V. Bush, *The differential analyzer. A new machine for solving differential equations*, in ‘Journal of the Franklin Institute’, vol. 212, n. 4, 1931, pp. 447 – 488, in <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016003231906169>

Shannon, affascinato da quella macchina che lavorava su grandezze, decise di concentrarsi sulla parte elettronica; infatti da ingegnere elettronico quale era, dimostrò che i circuiti di relè, di cui la macchina era composta, potessero comportarsi ed essere descritti seguendo la logica matematica così come era stata descritta da George Boole con la sua algebra della logica⁷⁷. Sulla base di questi risultati, Shannon, per quanto la teoria dell'informazione da lui creata avrebbe ancora dovuto attendere ulteriori dieci anni circa prima di affermarsi nella sua interezza, rafforzò l'utilizzo del sistema binario quale sistema atto a tradurre e minimizzare qualsiasi concetto capace di rappresentare un fatto; attraverso il sistema binario, infatti, seguendo una logica che consentisse la costruzione di circuiti elettromeccanici, si fu in grado di ottenere un output, ovvero un'informazione. In questo modo, l'informazione era rappresentata dallo stato del circuito: il circuito è aperto o è chiuso⁷⁸.

Sulla base di questo contesto iniziarono ad essere costruiti quei calcolatori che sarebbero diventati i primi prototipi degli odierni computer⁷⁹. Il calcolo di queste macchine, infatti, fu perfezionato specialmente al fine di prevedere le traiettorie balistiche e le intercettazioni di messaggi crittografati durante il Conflitto bellico. Sia Turing che Shannon furono coinvolti in prima linea nello sviluppo di questi sistemi rispettivamente dall'esercito britannico e da quello statunitense, in particolar modo nel

⁷⁷ Cfr. C. E. Shannon, *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, in 'Electrical Engineering', vol. 57, n. 12, 1938, pp. 713 – 723; oppure ID., *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Electrical Engineering, 1940, in <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/11173>.

⁷⁸ L'utilizzo dell'algebra booleana a due valori applicata ai circuiti è rinvenibile già nel 1934 ad opera dell'ingegnere elettronico giapponese della NEC, Akira Nakajima. Sebbene né l'americano che il nipponico conoscessero i rispettivi lavori, né tanto meno il secondo conoscesse il lavoro di Boole, entrambi giunsero allo stesso risultato. Cfr. A. Yamada, *History of Research on Switching Theory in Japan*, in 'IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials', vol. 124, n. 8, 2004, pp. 720 – 726, https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejfms/124/8/124_8_720/article-char/en; R. S. Stankovic e J. T. Astola (a cura di), *Reprints from the early days of Information society. On the contribution of Akira Nakajima to switching theory*, Tampere International Center for Signal Processing, 2008, pp. 207.

⁷⁹ Distinguo il termine calcolatore come computer, nella lingua italiana, in quanto i primi calcolatori erano per l'appunto strumenti costruiti per eseguire calcoli matematici andando a risolvere specifici problemi; man mano però i computer hanno iniziato ad essere sviluppati e migliorati, le opportunità di elaborazione sui dati sono diventate diverse e molteplici, motivo per il quale in base al tipo di strumento analizzato, si potrà utilizzare il termine calcolatore così come computer, elaboratore, macchina, etc. Cfr. P. E. Ceruzzi, *A History of Modern Computing*, The MIT Press, 2003, pp. 1 – 12.

campo della crittografia. Entrambi ebbero anche l'occasione di potersi confrontare durante le rispettive visite nei propri paesi d'origine al fine di studiare metodi per intercettare le comunicazioni degli eserciti nemici.

Furono principalmente le macchine a schede perforate, prima adoperate per l'elaborazione di dati commerciali, ad essere allora utilizzate in ambito scientifico grazie al lavoro del ricercatore di Harvard, Howard Aiken (1900 – 1973), il quale, avendo utilizzato proprio queste macchine, tentò di realizzare una macchina analitica sulla base del progetto di Babbage. Aiken, infatti, utilizzò le schede perforate per memorizzare dati ed istruzioni mentre lasciò che i calcoli fossero eseguiti da circuiti logici costruiti da relè elettromagnetici; a differenza del suo modello però, successivamente, Aiken decise di sviluppare un calcolatore digitale. Un calcolatore di questo tipo opera utilizzando rappresentazioni discrete di dati, spesso sotto forma di sequenze binarie di 0 ed 1, il che lo differenzia dai calcolatori analogici che manipolano esclusivamente grandezze continue.

L'Automatic Sequence Controlled Calculator (ASCC, in seguito IBM Harvard Mark I), questo il nome del calcolatore di Aiken, era dotato di una cosiddetta 'architettura di Harvard', laddove la memoria contenente i dati e quella delle istruzioni sono separate; venne completato con fondi IBM e della Marina militare degli Stati Uniti d'America nel 1943 e fu direttamente utilizzato durante il Conflitto mondiale. Contemporaneamente John Vincent Atanasoff (1903 – 1995), professore americano di fisica allo Iowa State College, e Clifford Berry (1918 – 1963), suo studente, già nel 1939 avevano costruito un prototipo di un calcolatore per automatizzare il processo di risoluzione di sistemi di equazioni lineari.

Il calcolatore Atanasoff-Berry (ABC) è una macchina digitale a codice binario con unità logico aritmetica (ALU) completamente elettronica, con elaborazione in parallelo, memoria rigenerativa e separazione delle funzioni di memoria e di calcolo, tutte caratteristiche che per i tempi rappresentavano delle assolute novità, nonostante non fosse ancora programmabile a differenza di altri calcolatori che furono contemporaneamente sviluppati.

Nel 1942, il progetto ABC venne però bruscamente interrotto a causa della chiamata alle armi di Atanasoff⁸⁰.

Sempre negli stessi anni, dall'altra parte dell'oceano, e più precisamente, bellicamente parlando, nella nazione avversaria, in Germania, Konrad Zuse (1910 – 1995), nel mezzo dei propri studi volti alla ricerca di una soluzione per le equazioni necessarie alla progettazione di aeromobili, intuì di poter codificare le istruzioni di calcolo in modo tale che potessero essere trasmesse direttamente alle macchine. Sin da subito, Zuse utilizzò il sistema binario come sistema di calcolo e notò come per un calcolatore fossero necessarie tre componenti fondamentali: una memoria, un'unità di controllo ed un calcolatore per l'aritmetica; nel 1938 realizzò così, con l'aiuto di Helmut Schreyer (1912 – 1985), il suo primo calcolatore meccanico, lo Z1. Questo era un calcolatore elettromeccanico programmabile, dotato di memoria, di un'autonoma unità di calcolo basata sul sistema binario, con istruzioni immesse tramite nastro di celluloido perforato. Già nel 1939, con l'utilizzo dei relè nella parte elettromeccanica, costruì lo Z2, con cui ebbe un miglioramento di prestazioni, tanto da portare l'ingegnere tedesco ad essere arruolato nell'esercito nazionalsocialista. In questo contesto, nel 1941, fu poi costruito lo Z3, che fu definita come *“la prima macchina da calcolo al mondo pienamente funzionante che presentava le caratteristiche strutturali dell'odierno computer, era infatti costruita interamente con relè, operava secondo un programma memorizzato e usava il sistema binario a virgola mobile”*⁸¹, quali ad

⁸⁰ Cfr. J. Agar, *op. cit.*, 2004; M. R. Williams, *A history of computing technology*, IEEE Computer Society Press, 1997, pp. 262 – 266; H. Goldstine, *The computer from Pascal to von Neumann*, Princeton University Press, 1972, pp. 378.

⁸¹ Cit. M. G. Losano, *Il centenario di Konrad Zuse (1910-1995): il computer nasce in Europa*, in 'Atti della Accademia delle scienze di Torino. Classe di scienze morali, storiche e filologiche', n. 145, 2011, p. 67. Inoltre, dalla stessa fonte bibliografica si apprende che: “Nel 1944 lo Z3 venne distrutto da un bombardamento e Zuse, abbandonata Berlino, si rifugiò nella Germania meridionale, dove ricostruì il suo calcolatore elettromeccanico denominandolo «Z4». Questo computer con 22.000 relé, ma con una memoria ancora meccanica, venne in seguito definito «un cavallo da tiro» per la sua resistenza al lavoro. Nel marzo 1945 esso venne presentato a Göttingen a un gruppo di scienziati. Negli anni successivi la Remington Rand collaborò con Zuse, mentre l'IBM si interessò alla macchina per verificare se essa entrava in collisione con i suoi prodotti. Lo Z4 venne affittato nel 1949 al Politecnico di Zurigo e divenne il primo computer funzionante in Europa”. Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2012, p. 6; G. Sartor, *Op. cit.*, 2016, pp. 48 – 49; M. R. Williams, *Op. cit.*, 1997, pp. 431. Dall'Internet Archive, biblioteca digitale, non profit, che ha lo scopo

esempio la programmabilità basata su sistema binario, pur non essendo elettronico.⁸²

In Inghilterra, invece, la creazione dei primi calcolatori si legò indissolubilmente al nome di Alan Turing ed alla sua formalizzazione delle cosiddette macchine di Turing. In particolare, l'apporto degli ingegneri inglesi verso la costruzione dei primi calcolatori fu dovuto all'impegno profuso nel campo della crittografia, campo in cui eccelse proprio Turing e che si sarebbe rilevata di fondamentale importanza per gli esiti finali del conflitto. I tedeschi, infatti, all'inizio della guerra, godono di un vantaggio importante grazie allo sviluppo della macchina Enigma, la quale era capace di convertire il linguaggio comune in codice per le trasmissioni segrete e che, per poter decifrarla, richiedeva esclusivamente l'utilizzo di macchine simili. Partendo dai lavori del matematico polacco Marian Adam Rejewski (1905 – 1980), creatore delle cosiddette 'Bombe', macchine calcolatrici in grado di decifrare i codici utilizzati per le comunicazioni dalle macchine 'Enigma', Turing ed il gruppo di decrittatori di Betchley Park, perfezionarono il lavoro polacco, portandolo ad un livello superiore per rispondere alle cifrartici 'Lorenz SZ40/42', evoluzione delle stesse Enigma⁸³. Questo fu possibile anche grazie alla realizzazione del 'Colossus', nel 1941, passato alla storia come il primo calcolatore elettronico non programmabile pienamente funzionante⁸⁴. Il Colossus,

dichiarato di consentire un 'accesso universale alla conoscenza', è possibile rinvenire il seguente documento a firma del Prof. Horst Zuse, figlio di Konrad, in <https://web.archive.org/web/20100418164050/http://www.epemag.com/zuse/>.

⁸² Cfr. K. Zuse, *Some Remarks on the History of Computing in Germany*, in N. Metropolis, J. Howlett, G. Rota, (a cura di), *A history of computing in the twentieth century*, Academic Press, 1980, pp. 611 – 628.

⁸³ Cfr. S. Buzzi e D. Santurnino, *Usa della crittografia durante la Seconda guerra mondiale: la macchina cifrante Enigma*, in AA. VV., 'Incontro con le telecomunicazioni. La facoltà di Ingegneria per la città', Università di Cassino, 2007, pp. 47 – 56; A. Charbonnier, *Dalla macchina artificiale all'intelligenza artificiale*, in 'Gnosis. Rivista italiana di intelligence', n.1, 2005, pp. 23 – 27.

⁸⁴ "Colossus non aveva la possibilità di usare programmi memorizzati, come previsto dalla macchina universale di Turing, e come va inteso l'attributo 'programmabile'. La sua programmabilità consisteva nel fatto che per cambiare le operazioni da eseguire occorreva modificare la configurazione di una serie di interruttori e riposizionare una serie di cavi di collegamento". Cit. G. Chinnici, *Turing: L'enigma di un genio*, Hoepli, 2016, pp. 144. Cfr. B. J. Copeland, *The Modern History of Computing*, 'The Stanford Encyclopedia of Philosophy', Edward N. Zalta (ed.), 2006, in <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/computing-history/#Col>; G. Sartor, *op. cit.*, 2016, p. 48; Williams, *op. cit.*, 1997, pp. 291 – 293.

ideato dal matematico Max Newman (1897 – 1984) e dall'ingegnere Thomas Flowers (1905 – 1998), si basava sull'idea di *“memorizzare e mettere a confronto elettronicamente i messaggi”*, è *“una macchina logica elettronica capace di eseguire una serie di istruzioni operando a grande velocità su simboli memorizzati internamente. Tuttavia, il Colossus non era una macchina per uso generale (differiva pertanto dal calcolatore a programma memorizzato) ma piuttosto un eccezionale dispositivo specializzato”*⁸⁵.

Newman e Turing continuarono a collaborare sebbene mai direttamente allo stesso progetto. Nel 1945, Turing fu incaricato, infatti, di progettare e sviluppare un computer digitale a programma memorizzato per il lavoro scientifico. Nel rapporto di Turing del 1945, *“Proposed Electronic Calculator - Proposals for Development in the Mathematics Division of an Automatic Computing Engine (ACE)”*⁸⁶, è rinvenibile la prima a specifica relativamente completa di un computer digitale generico a programma memorizzato. Inoltre, lo stesso autore sottolineò quanto segue: *“Il calcolatore elettronico ora proposto dovrebbe essere diverso, in quanto affronterà interi problemi. Invece di ricorrere ripetutamente alla manodopera umana per prelevare il materiale dalla macchina e rimmetterlo a posto al momento opportuno, tutto questo sarà gestito dalla macchina stessa. Questa soluzione presenta numerosi vantaggi. (1) La velocità della macchina non è più limitata dalla velocità dell'operatore umano. (2) L'elemento umano di fallibilità è eliminato, anche se può essere in qualche modo sostituito da una fallibilità meccanica. (3) È possibile eseguire processi molto più complessi di quelli che potrebbero essere facilmente gestiti dal lavoro umano. Una volta eliminato il freno umano, l'aumento di velocità è enorme”*⁸⁷.

⁸⁵ J. Agar, *op. cit.*, 2004.

⁸⁶ Il testo completo è disponibile online al seguente indirizzo https://en.wikisource.org/wiki/Proposed_Electronic_Calculator.

⁸⁷ Per il testo originale da me tradotto si veda la fonte alla nota precedente. Si riporta per completezza il testo originale: *“Calculating machinery in the past has been designed to carry out accurately and moderately quickly small parts of calculations which frequently recur. The four processes addition, subtraction, multiplication and division, together perhaps with sorting and interpolation, cover all that could be done until quite recently, if we except machines of the nature*

Questa descrizione qui riportata mostra come già s'iniziavano ad intravedere le opportunità che questi nuovi strumenti potevano apportare, tenendo in considerazione l'eventuale fallibilità meccanica. Turing, tuttavia, pur avendo accettato di collaborare nuovamente con Newman a Manchester, non partecipò attivamente alla costruzione del prototipo ACE (Pilot ACE) a causa della lentezza dei lavori. Questo prototipo venne completato ed eseguì un programma per la prima volta solo nel 1950, sotto la supervisione del suo assistente James Wilkinson (1919 - 1986). Successivamente, nel 1955, fu messo in commercio sotto il nome di DEUCE (Digital Electronic Universal Computing Engine)⁸⁸.

Negli stessi anni, sempre in Inghilterra, precisamente presso l'Università di Manchester, dagli ingegneri Frederic Calland Williams (1911 – 1977) e Tom Kilburn (1921 – 2001), fu costruito il cosiddetto 'Baby di Manchester', un calcolatore digitale elettronico a programma memorizzato di uso generale, il quale eseguì il suo primo calcolo nel giugno del 1948⁸⁹. Al progetto, contribuirono gli stessi Turing e Newman, i quali oltre a guidare Williams e Kilburn nella realizzazione del Baby, ricoprono un ruolo fondamentale per la versione di quello che sarebbe diventato il primo computer disponibile per il commercio, il Ferranti Mark I⁹⁰, il cui sistema di programmazione fu progettato da Turing stesso in persona.

of the differential analyser and wind tunnels, etc. which operate by measurement rather than by calculation. It is intended that the electronic calculator now proposed should be different in that it will tackle whole problems. Instead of repeatedly using human labour for taking material out of the machine and putting it back at the appropriate moment all this will be looked after by the machine itself. This arrangement has very many advantages. (1) The speed of the machine is no longer limited by the speed of the human operator. (2) The human element of fallibility is eliminated, although it may to an extent be replaced by mechanical fallibility. (3) Very much more complicated processes can be carried out than could easily be dealt with by human labour. Once the human brake is removed the increase in speed is enormous.”

⁸⁸ Cfr. B. J. Copeland, *Alan Turing's Electronic Brain: The Struggle to Build the ACE, the World's fastest*, Oxford University Press, 2012, pp. 581.

⁸⁹ Cfr. B. J. Copeland, *op. cit.* 2006.

⁹⁰ Il Ferranti Mark I fu anche il primo computer su cui girò un programma di intelligenza artificiale, come riportato da Copeland: “The first working AI program, a draughts (checkers) player written by Christopher Strachey (1916 – 1975), ran on the Ferranti Mark I in the Manchester Computing Machine Laboratory. Strachey (at the time a teacher at Harrow School and an amateur programmer) wrote the program with Turing's encouragement and utilising the latter's recently completed Programmers' Handbook for the Ferranti. (Strachey later became Director of the Programming Research Group at Oxford University.) By the summer of 1952, the program could, Strachey reported, 'play a complete game of draughts at a reasonable speed'. (Strachey's program formed the basis for Arthur Samuel's well-known checkers program.) The first chess-

Ritornando nuovamente negli Stati Uniti d’America, figura centrale per lo sviluppo generale degli odierni computer è rappresentata dal matematico John Von Neumann (1903 – 1957), tra i più grandi scienziati della sua epoca, nonché allievo di Hilbert. Egli s’interessò di logica e dei fondamenti della matematica fin quando Gödel non ebbe presentato i suoi teoremi di incompletezza; lo stesso Von Neumann ebbe raggiunto gli stessi risultati del matematico ceco ma decise di non pubblicare nulla sull’argomento dato che il collega moravo aveva già inviato l’articolo ad una rivista. Trasferitosi negli Stati Uniti d’America, concentrò i suoi studi fra matematica e fisica, con particolare attenzione al mondo informatico. Propose, infatti, la cosiddetta architettura Von Neumann, una tipologia di architettura hardware per computer fondata sulla memorizzazione interna del programma. Questo modello divenne lo standard su cui si basarono la maggior parte dei computer.

L’architettura di Von Neumann è gestita da un’unità centrale di elaborazione (CPU), divisa in un’unità di controllo (CU) ed in un’unità di calcolo o unità aritmetico-logica (ALU). Dati ed istruzioni sono elaborati dalla memoria centrale, volatile (RAM), distinguendola dalla memoria di massa, fisica. Vi sono poi ulteriori componenti fondamentali quali i bus, che consentono di collegare tutti i componenti fra loro, e le periferiche di input e di output.

Nel 1944, con il libro *‘Theory of Games and Economic Behavior’*, scritto con Oskar Morgenstern, Von Neumann è, inoltre, considerato il fondatore della moderna teoria dei giochi, la disciplina che studia modelli matematici sulle interazioni fra agenti razionali.

Il contributo di Von Neumann al mondo dell’informatica iniziò allorquando, all’Università della Pennsylvania, presso la Moore School of Electrical Engineerig, si lavorò al progetto di sviluppo di un calcolatore

playing program, also, was written for the Manchester Ferranti, by Dietrich Prinz (1903 – 1989); the program first ran in November 1951. Designed for solving simple problems of the mate-in-two variety, the program would examine every possible move until a solution was found. Turing started to program his ‘Turochamp’ chess-player on the Ferranti Mark I, but never completed the task. Unlike Prinz’s program, the Turochamp could play a complete game (when hand-simulated) and operated not by exhaustive search but under the guidance of heuristics”. Cit. B. J. Copeland, *op. cit.*, 2006.

elettronico molto più potente di quello che potesse rappresentare il Colossus, l'ENIAC (Electronic numerical integrator and computer). Von Neumann entrò in questo gruppo di lavoro nel 1944, invitato dal matematico e militare Herman H. Goldstine (1913 – 2004), quando l'ENIAC era ad un passo dall'essere completato. I principali autori, nonché responsabili del progetto, furono J. Presper Eckert Jr. (1919 – 1995) e John W. Mauchly (1907 – 1980)⁹¹. L'ENIAC rappresentò il primo calcolatore elettronico digitale ad essere costruito negli Stati Uniti d'America, sebbene fosse basato su di un sistema decimale. Così come il Colossus, è stato adoperato per fini militari, per calcolare le tabelle utilizzate per il puntamento dell'artiglieria le traiettorie dei proiettili; la sua costruzione ebbe inizio nel 1941 e, sebbene completato nel 1945, a guerra oramai quasi conclusa, è stato impiegato per gli studi sulla bomba atomica. Durante la costruzione dell'ENIAC, lo stesso gruppo di lavoro iniziò inoltre a concentrarsi sulla costruzione di un elaboratore concepito per risolvere il problema della memorizzazione del programma all'interno del computer stesso, in modo tale che il processo di programmazione fosse reso più efficiente e flessibile. L'obiettivo era la costruzione di un elaboratore a programma memorizzato, in grado di contenere sia le istruzioni del programma che i dati sui quali operare, così da creare uno strumento per l'uso generale. Il progetto portò alla luce l'EDVAC (Electronic Discrete Variable Automatic Computer).

Se il contributo di Von Neumann per l'ENIAC può essere definito tangente, egli è comunque nominato responsabile per la parte logica dell'EDVAC; nel 1945 lo stesso scienziato presentò una bozza di proposta, *'First Draft Report on the EDVAC'*, nel quale descrisse come questo elaboratore avrebbe dovuto basarsi sul modello della macchina universale di Turing, oltre ad implementare, ovviamente, quell'architettura Von Neumann già descritta in precedenza. All'interno della relazione del progetto,

⁹¹ È da sottolineare, ai giorni d'oggi, come un contributo fondamentale venne fornito anche dalle cosiddette ENIAC Girls, ovvero sia il gruppo di programmatrici che si occuparono dell'intera programmazione dell'ENIAC. Cfr. J. Abbate, *Recoding Gender: Women's Changing Participation in Computing*, The MIT Press, 2012, pp. 269, con particolare riferimento al primo capitolo pp. 11 – 38; W. B. Fritz, *The women of ENIAC*, in 'IEEE Annals of the History of Computing', vol. 18, n. 3, pp. 13 – 28, 1996; J. S. Light, *When Computers Were Women*, in 'Technology and Culture', vol. 40, n. 3, 1999, pp. 455 – 483.

terminato nel 1951, l'autore⁹², in diversi punti, richiamando un celebre articolo del 1943 a firma di Warren McCulloch (1898 – 1969) e Walter Pitts (1923 – 1969), evidenziò l'analogia fra cervello e macchina, sottolineando come la parte logica di un calcolatore fosse altrettanto importante rispetto a quella elettronica⁹³. L'idea di un'interconnessione fra cervello umano e le macchine aveva trovato, infatti, il suo 'big bang' con '*A Logical Calculus of Ideas Immanent in Nervous Activity*'⁹⁴.

Nel loro lavoro, gli autori, McCulloch e Pitts, descrissero un modello matematico in grado di comprendere il funzionamento dei neuroni nel cervello. Proposero un modello matematico in cui i neuroni nel cervello umano potessero elaborare informazioni in modo simbolico. Secondo i due autori, i neuroni potevano infatti essere descritti come interruttori binari che si collegano tra loro attraverso sinapsi; quando un neurone riceve abbastanza segnali dai suoi neuroni di input, si attiva e invia a sua volta un segnale ai suoi neuroni di output. Questo modello matematico è basato sul calcolo proposizionale e sulla logica binaria, dimostrando che il cervello può essere visto come un sistema di computazione simbolica. Attraverso l'utilizzo di questo calcolo logico, gli autori dimostrarono che qualsiasi funzione computabile può essere calcolata utilizzando una rete di neuroni collegati tra loro, oltre ad aver suggerito che queste, se adeguatamente definite, possono essere anche in grado di apprendere⁹⁵.

A tal proposito, nel 1949, questo modello è stato poi aggiornato dallo psicologo canadese Donald Olding Hebb (1904 – 1985) il quale introdusse il

⁹² Il report a firma del solo Von Neumann creò numerosi attriti che condussero alla rottura del gruppo con l'autore e Goldstine da un lato ed Eckert e Mauchly dall'altro; questi ultimi infatti abbandonarono il progetto EDVAC. Cfr. M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 232 – 238; H. Goldstine, *op. cit.*, 1972, pp. 220 – 224.

⁹³ Cfr. H. Goldstine, *op. cit.*, 1972, pp. 191 – 210; J. Von Neumann, *First Draft Report on the EDVAC*, in 'IEEE Annals of the History of Computing', vol. 15, n. 4, 1993, pp. 27 – 57, in <https://ieeexplore.ieee.org/document/238389>. In particolare del testo appena citato, per quanto scritto, è indicativo soffermarsi sul paragrafo 4 intitolato '*elements, synchronism, neuron analogy*', pp. 4 – 6.

⁹⁴ Questo articolo è anche considerato da parte di Russell e Norvig il primo lavoro appartenente al campo dell'Intelligenza artificiale. Cfr. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 22; W. S. McCulloch, W. A. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, in 'Bulletin of Mathematical Biophysics', vol. 5, n. 194, pp. 115 – 133.

⁹⁵ Cfr. H. Gardner, *La nuova scienza della mente*, Universale Economica Feltrinelli, 2016; F. Romeo, *op. cit.*, 2012; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010.

cosiddetto apprendimento hebbiano, su cui la maggior parte delle future teorie connessioniste saranno basate⁹⁶. Con questa soluzione è possibile spiegare come avviene l'apprendimento e la memorizzazione delle informazioni nel cervello⁹⁷. Già nel 1951, Marvin Minsky (1927 – 2016) e Dean Edmonds costruiscono il primo computer basato su rete neurale ad Harvard, lo SNARC⁹⁸.

Da questo punto, è necessario attendere solo ulteriori quattro anni per vedere comparire sulla scena mondiale, per la prima volta, il lemma intelligenza artificiale.

È giunto ora il momento di concentrarsi sull'ambito specifico della ricerca sull'intelligenza artificiale. Se in questo capitolo ci si è soffermato sul cercare di indentificare e comprendere, attraverso la storia, i propri fondamenti teorici, prettamente afferenti al campo matematico-filosofico, della ricerca, nel prossimo capitolo, si esploreranno le definizioni, le applicazioni e le sfide dell'intelligenza artificiale, cercando di comprendere cosa significhi davvero, e se sia possibile, creare macchine in grado di pensare ed agire in modo simile agli esseri umani.

⁹⁶ Cfr. D. O. Hebb, *The organization of behavior*, Lawrence Erlbaum Associates, 2002, pp. 335, prima edizione, Wiley, 1949; T. N. Karaminis, M. S. Thomas, *Connectionist Theories of Learning*, in N. M. Seel (a cura di), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Springer, 2012, pp 771 – 774.

⁹⁷ Per un approfondimento cfr. B. J. Copeland, *Artificial Intelligence*, in 'Encyclopedia Britannica', 2023, in <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>; voce *Regola di Hebb*, in 'Enciclopedia della Scienza e della Tecnica', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2008, in https://www.treccani.it/enciclopedia/regola-di-hebb_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 22.

⁹⁸ S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 22.

CAPITOLO II

La disciplina dell'intelligenza artificiale

1. L'anticamera degli studi di intelligenza artificiale

Nel corso del XX secolo, l'umanità ha vissuto una rivoluzione senza precedenti nell'ambito della tecnologia dell'informazione e della computazione. In un'epoca in cui le capacità di calcolo erano inizialmente limitate a quelle umane, l'introduzione e lo sviluppo dei calcolatori, accresciuti grazie agli studi collaterali sull'essere umano stesso, hanno permesso di delineare ora una propria genesi dell'intelligenza artificiale. Questo percorso riparte, dunque, dall'articolo di McCulloch e Pitts che definisce e pone le basi per le future reti neurali artificiali.

L'articolo di McCulloch e Pitts trovò, indirettamente, terreno fertile anche con lo stesso Alan Turing, il quale, nel 1947, tenne diverse lezioni presso la London Mathematical Society; utilizzando le parole del Professore di Filosofia nonché attuale Direttore del 'Turing Archive for the History of Computing', Brian Jack Copeland: *“Il 20 febbraio 1947 Turing tenne una conferenza sull'ACE alla London Mathematical Society. Per quanto si sappia, questa è stata la prima conferenza pubblica a menzionare l'intelligenza dei calcolatori, offrendo uno sguardo mozzafiato su un nuovo campo. Turing discusse delle prospettive delle macchine che agiscono in modo intelligente, che imparano e che sconfiggono avversari umani agli scacchi, osservando che “quello che vogliamo è una macchina che possa imparare dall'esperienza” e che “la possibilità di permettere alla macchina di modificare le proprie istruzioni offre il meccanismo per farlo”. La conferenza è anche degna di nota per la sua discussione precoce sulla*

programmazione informatica”⁹⁹. Proseguendo nella lettura di questo passo è possibile cogliere determinati passaggi a firma dello stesso Turing molto interessanti; in particolare, il matematico britannico sottolineava il rapporto fra logica simbolica e la filosofia matematica, ponendo, proprio su quest’ultimo settore, un concetto che ancora oggi attanaglia studiosi dell’intelligenza artificiale, ovvero affermava che “*il centro di gravità dell’interesse umano si sposterà sempre più verso le questioni filosofiche su cosa può essere fatto in linea di principio [dai calcolatori]*”¹⁰⁰. Ancora più interessante appare il discorso strettamente legato al concetto di intelligenza nelle macchine, laddove egli preannuncia l’idea di un test per valutare la stessa intelligenza.

A questo scritto infatti, fece seguito, nel 1948, proprio *Intelligent Machinery*. Questo documento pionieristico esplora le idee di Turing concernenti il rapporto fra quella che di lì a poco diventerà oggetto di un’intera disciplina, ovvero l’intelligenza artificiale e le macchine intelligenti. Destinato al national Physical Laboratory di Londra, attraverso *Intelligent Machinery*, l’autore introdusse molti dei concetti fondamentali dell’intelligenza artificiale di cui oggi possiamo cogliere i frutti, tra cui l’apprendimento automatico, la capacità delle macchine di adattarsi e di modificare le proprie istruzioni, infine, la possibilità di creare macchine in grado di eseguire compiti specifici. In particolare, preme soffermarsi su di un tema già affrontato poc’anzi, ovvero quello delle reti neurali. Come riportato da Copeland, è interessante notare come in realtà Turing non abbia mai fatto direttamente riferimento al lavoro di McCulloch e Pitts, sebbene questi ultimi abbiano cercato di applicare la definizione di computabilità di Turing allo studio della funzione neuronale. Indipendentemente dalle influenze che Turing ricevette in quel periodo, è innegabile che il suo lavoro sulle reti neurali superasse quello precedente di McCulloch e Pitts. Questi ultimi, sempre secondo Copeland, offrono solo una discussione superficiale

⁹⁹ Cit. B. J. Copeland, *The Essential Turing: Seminal Writings in Computing, Logic, Philosophy, Artificial Intelligence, and Artificial Life: Plus, The Secrets of Enigma*, Oxford University Press, 2004, pp. 375 – 376, traduzione mia.

¹⁰⁰ Cit. B. J. Copeland, *op. cit.*, 2004, p. 392, traduzione mia.

sull'apprendimento, limitandosi esclusivamente a menzionare i meccanismi che potrebbero sottendere l'apprendimento nel cervello, come la formazione di nuove connessioni e il cambiamento della soglia neuronale, senza approfondirli. Non è proposta da nessuna parte l'idea di Turing di utilizzare l'apprendimento supervisionato per addestrare una disposizione inizialmente casuale di neuroni allo svolgere una funzione specifica. In questo senso, il contributo di Turing superava qualitativamente l'altro precedentemente esplorato¹⁰¹; infatti, la sua proposta consisteva nell'ideare una macchina intelligente come una rete di neuroni artificiali interconnessi. Questa macchina, attraverso un processo di apprendimento, partendo da uno stato non organizzato, sarebbe stata in grado di evolvere verso una forma organizzata al fine di completare specifici compiti, nonostante la presenza di eventuali errori. Secondo Turing, l'assenza di errori non rappresenta un requisito per l'intelligenza. Al contrario, una macchina intelligente dovrebbe basarsi proprio su di un meccanismo di apprendimento che fosse in grado di svilupparsi a partire dagli errori stessi. Inoltre, trattando poi del concetto di intelligenza, l'autore affermava che: *“La misura in cui consideriamo che qualcosa si comporti in modo intelligente è determinata tanto dal nostro stato mentale e dalla nostra formazione quanto dalle proprietà dell'oggetto in esame. Se siamo in grado di spiegare e prevedere il suo comportamento o se sembra che non ci sia un piano sottostante, abbiamo poca tentazione di immaginare l'intelligenza. Con lo stesso oggetto, quindi, è possibile che un uomo lo consideri intelligente e un altro no; il secondo avrebbe scoperto le regole del suo comportamento”*¹⁰². L'impostazione di Turing sull'intelligenza sembra, a parere di chi scrive, essere un ottimo punto di partenza per affrontare questa tematica. Nonostante dunque, l'indubbia innovazione di questo scritto, all'epoca, lo stesso fu ritenuto non adatto alla pubblicazione, tanto da essere stato pubblicato esclusivamente postumo.

Contemporaneamente, una nuova disciplina si affacciava nel panorama scientifico. Il già citato Claude Shannon con i relativi lavori sull'informazione, stesso nel 1948, pubblicò *‘A Mathematical theory of*

¹⁰¹ Cfr. Ivi, 2004, pp. 407 – 409.

¹⁰² Cit. Ivi, p. 431, traduzione mia.

communication'. In questo lavoro, egli scisse il 'significato' dalla 'informazione', e, ritenendo il primo elemento irrilevante, rappresentò a tutti gli effetti quest'ultima come un'entità a sé stante, creando per l'appunto quella teoria dell'informazione di cui l'unità minima ne era il *binary digit*, "o più brevemente *bit*"¹⁰³; un bit rappresenta la più piccola unità di informazione, ed è equivalente all'incertezza associata al lancio di una moneta. Nel lancio di una moneta, si ha una scelta tra due eventi equiprobabili: testa o croce. Il bit è difatti utilizzato come misura di questa incertezza, indicando la presenza o l'assenza di uno di questi due eventi. Quindi, un bit rappresenta la quantità di informazione necessaria per esprimere questa scelta binaria, poiché l'informazione è strettamente legata all'incertezza.

Secondo la teoria di Shannon, l'informazione è correlata all'incertezza di un evento o di una sorgente di informazione. Se un evento è molto improbabile, cioè ha una bassa probabilità di accadere, l'informazione associata al suo verificarsi sarà maggiore. Viceversa, se un evento è molto probabile, l'informazione associata sarà minore poiché l'evento non offre molta sorpresa o riduzione dell'incertezza. Shannon utilizzò l'entropia come misura dell'incertezza o dell'informazione di una sorgente di dati. L'entropia rappresenta, infatti, la media dell'informazione contenuta in una sequenza di simboli provenienti dalla sorgente. Più alta è l'entropia, maggiore è l'incertezza o l'informazione contenuta nella sequenza¹⁰⁴.

Colui il quale, conia, invece, il termine per definire questa nuova disciplina, la cibernetica, fu il matematico e filosofo Norbert Wiener (1894 – 1964) nel suo testo del 1948 per l'appunto chiamato '*Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*'¹⁰⁵. Partendo dalla teoria dell'informazione e dagli studi su questa di Shannon, l'obiettivo è stato quello di istituire una teoria del controllo e della comunicazione sia

¹⁰³ Cit. C. E. Shannon, *A Mathematical Theory of Communication*, in 'The Bell System Technical Journal', vol. 27, 1948, p. 379; è da notare come lo stesso autore indichi che la parola bit gli venne suggerita dal matematico statunitense John Wilder Tukey (1915 – 2000).

¹⁰⁴ Cfr. H. Gardner, *op. cit.*, 2016, p. 34; J. Gleick, *op. cit.*, 2015, pp. 202 – 214; C. E. Shannon, *op. cit.*, 1948.

¹⁰⁵ N. A. Wiener, *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge MIT Press, 1948, pp. 270.

nella macchina che negli animali, definendo per l'appunto la cibernetica come la scienza dell'auto-regolazione e del controllo, sottolineando la connessione tra la comunicazione, il controllo e il funzionamento dei sistemi complessi, in maniera tale da, utilizzando le parole di Wiener stesso, affermare “*una nuova interpretazione dell'uomo, della conoscenza umana dell'universo, e della società*”¹⁰⁶. Inoltre, sempre come affermato dallo stesso autore, nell'introduzione della seconda edizione del suo volume, gli studi riguardanti i meccanismi teleologici, della circolarità causale e del feedback simili sia nelle macchine che negli esseri viventi, furono affrontati già nel 1942 dal medico e scienziato messicano Arturo Rosenblueth (1900 – 1970)¹⁰⁷.

L'anno successivo, fu, invece, pubblicato a firma degli stessi Wiener e Rosenblueth, coadiuvati dall'ingegnere americano ed amico del primo, Julian Bigelow (1913 – 2003), l'articolo ‘*Behavior, purpose, and teleology*’¹⁰⁸, nel quale i tre analizzarono la relazione fra esseri viventi e macchine, descrivendo procedimenti comuni di azioni teleologiche. In particolare, fu proposta la seguente nozione ossia che le macchine fossero legittimamente in grado di presentare meccanismi di retroazione e di perseguire obiettivi. Questo concetto era basato sul fatto che le macchine potessero calcolare la differenza tra gli obiettivi che si pongono e la loro prestazione attuale; infatti queste lavorano attivamente per ridurre progressivamente tale differenza, dimostrando così una forma di intenzionalità nel perseguire tali obiettivi. La parola cibernetica fece il suo ingresso sulla scena scientifica solamente in occasione delle cosiddette *Macy Conferences*¹⁰⁹, allorquando si svolse la prima di queste ‘Conferenze sui meccanismi di retroazione e sui sistemi a causazione circolare nei

¹⁰⁶ Cit. N. A. Wiener, *I am a Mathematician: The Later Life of a Prodigy*, MIT Press, 1964, p. 375.

¹⁰⁷ N. A. Wiener, *La cibernetica: Controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina*, il Saggiatore, 1961, p. 35.

¹⁰⁸ A. Rosenblueth, N. Wiener, J. Bigelow, *Behavior, purpose, and teleology*, in ‘*Philosophy of Science*’, vol. 10, 1943, pp. 18 – 24.

¹⁰⁹ Le conferenze ‘Macy’ sono state una serie di incontri di studiosi di varie discipline accademiche tenutisi a New York sotto la direzione di Frank Fremont-Smith presso la Josiah Macy Jr. Foundation.

sistemi biologici e sociali'¹¹⁰; tra i partecipanti, si annoverano i vari McCulloch, Pitts, von Neumann, Bigelow, Rosenblueth e lo stesso Wiener. Questi incontri portarono nel 1948 a modificare il nome delle conferenze in 'Conferenze sulla cibernetica', in occasione dell'uscita del testo di Wiener. Come specificato da questi nel proprio lavoro, il termine cibernetica trae origine dal greco *κυβερνήτης* (kybernetes), da cui deriva la parola inglese *governator*, che in italiano assume il significato di 'timoniere' o 'governatore'; era utilizzata per descrivere lo studio dei sistemi di controllo e comunicazione sia nelle macchine che negli organismi viventi, riflettendo così l'idea di governare o dirigere un sistema in modo efficiente e intelligente.

Il dibattito sul pensiero delle macchine si fece oramai sempre più pregnante tanto da occupare la sezione scienza del celebre periodico 'Time', con un articolo dal titolo 'In Man's Image', nel quale iniziarono a sorgere le prime, e, verrebbe da dire, sempre attuali problematiche: *“Una nuova scienza, dice il dottor Wiener, è apparsa all'improvviso. Si occupa di meccanismi di controllo e il dottor Wiener l'ha chiamata personalmente cibernetica [...]. I meccanismi di controllo non sono nuovi. Il regolatore, che regola i motori a vapore, è stato inventato da James Watt nel 1788. Il noto termostato esiste da decenni. Entrambi sono veri e propri meccanismi di controllo. Accettano informazioni e direttive e agiscono di conseguenza. Da questi inizi primitivi è nato quello che il dottor Wiener considera lo sviluppo più sorprendente (e minaccioso) dell'evoluzione umana. I motori e le macchine di produzione sostituiscono i muscoli umani; i meccanismi di controllo sostituiscono i cervelli umani. Persino un termostato pensa, in un certo senso. Si comporta come un uomo che decide che la stanza è troppo fredda e mette più carbone nella stufa. I moderni meccanismi di controllo*

¹¹⁰ Questo ciclo di conferenze, tenutosi dal 1946 al 1953, ha avuto come obiettivo principale quello di riunire una comunità interdisciplinare di studiosi e ricercatori, che hanno collaborato per gettare le basi della nuova scienza cibernetica. Durante queste conferenze, si è affrontato per la prima volta l'utilizzo di concetti innovativi come l'informazione e il feedback, sviluppando una teoria dei sistemi coerente e applicabile in molteplici ambiti. Tale teoria si è rivelata utile sia nell'ambito degli esseri viventi e delle macchine, sia nei processi economici e cognitivi, nonché in molte altre discipline scientifiche. Cfr. S. J. Heims, *The Cybernetics Group*, The MIT Press, 1991, pp. 348; C. Pias, *Cybernetics. The Macy Conferences 1946-1953. The Complete Transactions*, Diaphanes, 2016, pp. 738.

pensano molto meglio di così. Raccogliendo informazioni da sensi delicati (estensimetri, voltmetri, tubi fotosensibili), agiscono in modo più rapido e preciso di quanto possano fare gli esseri umani. Non dormono, non si ammalano, non si ubriacano e non si stancano mai. Se questi meccanismi sono progettati correttamente, non commettono errori. Se combinati in team strettamente cooperanti, questi meccanismi possono gestire un intero processo produttivo, dirigendo e agendo, senza lasciare quasi nulla agli operatori umani. Tecnicamente (se non politicamente), le fabbriche completamente automatiche sono dietro l'angolo. Squadre di ingegneri stanno progettando con entusiasmo i meccanismi per realizzarle. La cosa più notevole sono le macchine di calcolo, la specialità del professor Wiener. Stanno crescendo con una velocità spaventosa. Hanno iniziato risolvendo equazioni matematiche con una rapidità fulminea. Ora stanno iniziando a comportarsi come veri e propri cervelli meccanici. Il dottor Wiener non vede alcun motivo per cui non possano imparare dall'esperienza, come bambini mostruosi e precoci che corrono alle elementari. Un cervello meccanico di questo tipo, maturo di esperienza, potrebbe gestire un'intera industria, sostituendo non solo i meccanici e gli impiegati, ma anche molti dirigenti”¹¹¹.

Nonostante l'incedere di queste preoccupazioni, il mondo dell'informatica e quello dell'intelligenza artificiale si trovava ancora in uno stadio embrionale, anzi, proprio la disciplina dell'intelligenza artificiale in quanto tale ancora doveva trovare il suo battesimo. Quello che era certo però, era che oramai si aveva certezza della somiglianza fra cervello e macchine logiche. Come sostenuto sempre da Wiener nel suo testo anche il cervello è in parte una macchina logica; comparando le capacità dei calcolatori ed il funzionamento del cervello umano, si assiste ad un'interessante somiglianza nell'approccio all'elaborazione delle informazioni. Mentre le macchine calcolatrici si affidano all'utilizzo di relè elettronici, il cervello umano, in contrapposizione, si avvale di una rete complessa di neuroni. Queste cellule neurali, fondamentali per le operazioni

¹¹¹ Cit. *In Man's Image*, in 'Time', 27 dicembre 1948, in <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,886484-1,00.html>, traduzione mia.

cognitive, mostrano una notevole somiglianza con i relè a due stati, in quanto tendono a essere binarie: attive o in uno stato di riposo. Il cervello umano, con la sua configurazione intricata, presenta una struttura unica che può essere equiparata ad un'enorme matrice, in cui le connessioni sinaptiche fungono da punti di contatto tra i neuroni. Attraverso questi collegamenti, i neuroni trasmettono segnali e messaggi, formando la base della nostra capacità di elaborazione delle informazioni. Per preservare e recuperare tali messaggi, il cervello dispone di un sistema di memoria sofisticato. Questa caratteristica, analogamente alle macchine calcolatrici, richiede un deposito fisico, noto come memoria. Questa componente essenziale permette al cervello umano di conservare e richiamare informazioni, consentendo un'elaborazione più avanzata ed un apprendimento continuo nel tempo. È importante notare come sia il cervello umano che i calcolatori elettronici richiedano, inoltre, dell'energia per svolgere le loro funzioni logiche. L'energia impiegata da entrambi viene dissipata sotto forma di calore. Nel caso del cervello umano, tale calore viene eliminato attraverso la circolazione sanguigna, mentre i calcolatori richiedono sistemi di ventilazione e raffreddamento per evitare il surriscaldamento. Comprendere queste differenze ci offre una prospettiva approfondita sul potenziale delle macchine intelligenti e potrebbe aiutare a svelare i misteri e le complessità del cervello umano¹¹².

Non deve essere inoltre dimenticato l'ulteriore contributo in materia di filosofia della mente fornito dal filosofo britannico Gilbert Ryle e la sua opera *'The concept of mind'* del 1949. In questa opera l'autore criticò l'impostazione dualistica cartesiana per cui mente e corpo rappresentavano entità separate, dichiarandosi non contrario all'esistenza di una mente bensì contrario alla distinzione cartesiana. Per Ryle le esperienze mentali non facevano altro che riflettersi in comportamenti ed azioni. Questo lavoro ha rappresentato dunque una svolta andando a stravolgere secoli di tradizione e

¹¹² Cfr. J. Gleick, *op. cit.*, 2015, p. 222.

dando la possibilità di affacciarsi allo studio del pensiero umano con una prospettiva totalmente diversa¹¹³.

2. *Il pensiero artificiale: il gioco dell'imitazione di Alan Turing*

Quanto accadde in quegli anni nella parte occidentale dell'oceano Atlantico, in riferimento alle ricerche ed agli studi effettuati, non rappresentarono però un *unicum*, in quanto finirono per attirare anche le attenzioni di uno studioso molto curioso.

Alan Turing rimanifestò il proprio interesse per l'argomento, con un testo che ancora oggi è celebre, in particolar modo per un gioco/test, in esso contenuto. Come riportato da Copeland, Turing era convinto che fosse arrivato il momento per filosofi, matematici e scienziati di prendere sul serio il fatto che i computer non fossero solo delle semplici macchine di calcolo, ma che avessero la capacità di manifestare comportamenti che dovrebbero essere considerati intelligenti¹¹⁴. Nel 1950 fu infatti pubblicato '*Computing, Machinery and Intelligence*', attraverso il quale il matematico britannico pose la seguente domanda "*Possono pensare le macchine?*"¹¹⁵. Nel risolvere questo quesito, anziché fondare la propria tesi sul significato dei termini 'pensiero' e 'macchina', Turing decise di sostituire la domanda con un'analoga formulazione espressa in termini più chiari. Utilizzò, dunque, lo stesso approccio di Shannon nel privare l'informazione dal significato. Nell'ambito di un contesto puramente scientifico, Turing introdusse una nuova forma del problema attraverso l'introduzione di un gioco noto come il gioco dell'imitazione. Questo gioco si basa su un paradigma interattivo in cui un interrogante (C), chiuso in una stanza, deve determinare chi sia

¹¹³ Per un approfondimento: H. Gardner, *op. cit.*, 2016, pp. 82 – 83; G. Ramoino Melilli, *Filosofia e analisi in Gilbert Ryle*, ETS, 1997, pp. 228; F. Romeo, *op. cit.*, 2012, pp. 25 – 26; J. Tanney, *Gilbert Ryle*, 'The Stanford Encyclopedia of Philosophy', Edward N. Zalta (ed.), in <https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/ryle/>.

¹¹⁴ Cfr. B. J. Copeland, *op. cit.*, 2004, p. 433.

¹¹⁵ Cfr. V. Somenzi, R. Cordeschi, (a cura di), *La filosofia degli automi. Origini dell'intelligenza artificiale*, Paolo Boringhieri, 1986, pp. 157 – 183.

l'uomo (A) o la donna (B), tra altri due partecipanti situati in altrettante stanze; la comunicazione verbale non è permessa ma le domande e le risposte possono essere poste tramite un intermediario oppure scritte. Scopo del gioco, per il terzo giocatore (A o B), è quello di aiutare l'interrogante. Spiegato il gioco Turing pose la seguente domanda: “*Che cosa accadrà se una macchina prenderà il posto di A nel gioco? L'interrogante darà una risposta errata altrettanto spesso di quando il gioco viene giocato tra un uomo e una donna? Queste domande sostituiscono quella originale: Possono pensare le macchine?*”¹¹⁶.

In questo modo un essere umano ed una macchina, o come verranno definite queste ultime in seguito nel testo, i calcolatori numerici, competono per dimostrare la loro abilità nel simulare il comportamento umano. Nella prima versione, l'interrogante deve distinguere tra le risposte fornite dal concorrente umano e quelle fornite dalla macchina. Attraverso questo gioco, dunque, si apre la possibilità di affrontare questioni di intelligenza artificiale e di interazione uomo-macchina attraverso una modalità più concreta. Esso fornisce un terreno di confronto obiettivo per valutare il grado di similitudine tra il comportamento umano e quello delle macchine, stimolando anche la ricerca e lo sviluppo di algoritmi¹¹⁷ e modelli che mirano a replicare in modo convincente l'intelligenza e le capacità umane.

Ovviamente, non sono mancate, in quegli anni e in quelli a venire, critiche al testo di Turing, tanto che lo stesso già aveva inserito al suo interno alcune opinioni opposte alla propria visione positiva relativamente alla creazione di macchine in grado di superare il suo test.

Tra le prime obiezioni che vale la pena analizzare vi è l'obiezione matematica inerente alle limitazioni ai poteri delle cosiddette macchine a stati discreti, avi degli odierni calcolatori. Partendo dal già discusso teorema

¹¹⁶ V. Somenzi, R. Cordeschi, *op. cit.*, Paolo Boringhieri, 1986, p. 157.

¹¹⁷ Per quanto oramai di uso comune alla parola algoritmo è preferibile dare la seguente definizione: “Un algoritmo è una sequenza finita di istruzioni ripetibili e non ambigue. Tale sequenza di istruzioni, se eseguita con determinati in ingresso (input), produce in uscita dei risultati (output), risolvendo una classe di problemi in un tempo finito”. Cit. G. Sartor, *op. cit.*, 2016, p. 99.

di Gödel, insieme ad altri risultati della logica matematica¹¹⁸, Turing sottolineò come questi risultati si applicassero anche alle macchine a stati discreti, in particolare ad un tipo di macchina che è un calcolatore numerico con una capacità infinita, ovvero la macchina universale di Turing. Secondo quest'ultimo, utilizzando l'omonimo teorema formalizzato, ci sono alcune cose che una macchina non è in grado di fare. Se una macchina viene posta di fronte a domande nel contesto del gioco dell'imitazione, ci saranno domande alle quali darà una risposta errata o non darà affatto risposta, indipendentemente dal tempo concesso per rispondere. Questo risultato matematico dimostra un'incapacità delle macchine che l'intelletto umano non possiede. Tuttavia, l'argomento si confronta con l'obiezione che, sebbene esistano limitazioni per le macchine specifiche, non è stato dimostrato che tali limitazioni si applichino anche all'intelletto umano. L'autore ammetteva che gli esseri umani potessero commettere errori e che la sensazione di superiorità rispetto alle macchine possa essere meramente illusoria. Inoltre, ci potrebbero essere uomini più abili di una macchina specifica, ma, al contempo, potrebbero anche essere realizzate ulteriori macchine a loro volta più abili degli esseri umani. Pertanto, l'argomento matematico suggerisce che il gioco dell'imitazione potrebbe essere accettato anche solo come base di discussione.

Una seconda obiezione riguarda l'argomento dell'autocoscienza, in cui si discute della possibilità che una macchina possa essere considerata pensante e cosciente di sé. Turing in questo caso fece riferimento ad un'osservazione del neurologo Geoffrey Jefferson (1886 –1961), secondo cui finché una macchina non potesse scrivere un sonetto o comporre musica basandosi su pensieri ed emozioni reali anziché su combinazioni casuali di simboli, non potesse essere considerata al pari di un essere umano. In risposta a questa obiezione, Turing sottolineò come alcune posizioni estreme sostengono che l'unico modo per essere sicuri che una macchina pensi è essere quella macchina stessa e sperimentare direttamente il suo

¹¹⁸ Ricordo che i teoremi di Gödel dimostrano che esistono enunciati che non possono essere né provati né confutati all'interno di un sistema logico, a meno che il sistema stesso non sia contraddittorio.

pensiero. Tuttavia, questa prospettiva solipsistica¹¹⁹ appare poco praticabile ed è comune credere che gli altri pensino. Egli suggerì che il gioco dell'imitazione, in cui una macchina viene interrogata e deve rispondere in modo convincente come un essere umano, potrebbe rappresentare solamente un modo per stabilire se una macchina possiede una qualche forma di intelligenza. Se le risposte della macchina fossero soddisfacenti e ragionate, simili a quelle di un essere umano, allora, secondo Turing, potrebbe essere considerata pensante anche se non può sperimentare le stesse sensazioni soggettive di un essere umano.

Seguono le argomentazioni fondate su incapacità varie per cui il matematico britannico affronta la questione della capacità delle macchine di svolgere determinate azioni. Egli analizzò una serie di caratteristiche, come ad esempio la gentilezza, il discernimento tra bene e male, la capacità di commettere errori, l'esperienza emotiva, e molte altre, affermando che è inutile porre tali interrogativi, a maggior ragione se, spesso, tali affermazioni si basano su un principio di induzione scientifica e sulle osservazioni limitate di macchine reali. Turing sostenne che molte delle limitazioni attribuite alle macchine sono legate alla loro capacità di memorizzazione, e che le conclusioni generali sulle loro capacità sono derivate dall'osservazione di macchine che sono progettate per scopi specifici e presentano un comportamento limitato. Allo stesso modo però, l'autore ritenne che queste conclusioni fossero basate su percezioni personali e limitate, senza tener conto di un'ampia gamma di macchine. Inoltre, riguardo la pretesa che le macchine siano prive di errori, il matematico britannico, distinse tra errori di funzionamento ed errori di conclusione. Gli errori di funzionamento sono causati da difetti meccanici o elettrici che influiscono sul comportamento delle macchine, mentre gli errori di conclusione si verificano quando si attribuisce un significato errato

¹¹⁹ “Il solipsismo è una corrente filosofica con cui si indica l'orientamento di chi considera il soggetto come l'unica autentica realtà, sia dal punto di vista pratico, ponendo l'interesse individuale a fondamento determinante dell'azione, sia da quello gnoseologico-metafisico, intendendo la realtà esterna come semplice rappresentazione della coscienza soggettiva.” Cit. voce *solipsismo*, in ‘Enciclopedia Italiana’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2023, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/solipsismo/>

ai segnali in uscita delle macchine. Turing, inoltre, fece notare come le macchine astratte, nella loro natura di entità matematiche, per definizione non possano commettere errori di funzionamento, ma possano commettere errori di conclusione. Infatti, sostenne anche che le macchine avrebbero potuto sviluppare la capacità di occuparsi di sé stesse, contribuendo all'elaborazione dei propri programmi e adattando la propria struttura per raggiungere determinati obiettivi con maggiore efficienza. Queste possibilità, secondo Turing, non rappresentano fantasie utopiche, ma potenziali sviluppi realistici nel futuro. Di questo ne siamo noi tutti testimoni diretti poiché è ciò che effettivamente si è verificato. Infatti, Turing mise in discussione le affermazioni sull'incapacità delle macchine di svolgere determinate azioni e sottolineò l'importanza di una valutazione obiettiva e completa delle loro capacità, evitando giudizi affrettati basati su osservazioni limitate, sfruttando proprio il proprio test.

Sempre riguardo la capacità delle macchine, segue la cosiddetta obiezione di Lady Lovelace secondo cui una macchina non possa mai svolgere veramente qualcosa di nuovo. Turing argomentò che questa obiezione si basasse sull'idea che le macchine agiscano solo seguendo regole fisse e non siano capaci di generare nulla di nuovo o creativo. In realtà, questa obiezione sarebbe da respingere poiché, almeno in linea di principio, una macchina potrebbe essere in grado di sorprenderci o di fare qualcosa di nuovo. Egli sostenne che l'idea di 'prendere alla sprovvista' o di generare qualcosa di inaspettato non è limitata solo alle menti umane, ma potrebbe essere applicata anche alle macchine. Infatti, le macchine potrebbero superarci in diversi compiti, anche se basate su algoritmi predefiniti, perché possono eseguire calcoli molto più rapidamente ed efficientemente di quanto gli esseri umani siano in grado di fare. Quindi, anche se le macchine seguissero regole prestabilite, potrebbero ancora svolgere compiti in modi che ci sorprendono o che noi non avremmo previsto. Ovviamente, lo stesso Turing, si rese conto che affrontare questioni sull'autocoscienza o sull'intelligenza umana rappresenta una tematica più complessa e che le macchine al suo tempo non avevano ancora

raggiunto un livello di sviluppo tale che potessero essere paragonato a quello della mente umana, pur tuttavia tale affermazione rappresenterebbe un limite al futuro rispetto a quanto il progresso tecnologico ha poi comportato.

Per non appesantire troppo lo scritto, tralasciando le successive obiezioni, riprendo quest'analisi allorquando Turing si soffermò nuovamente sull'obiezione appena trattata parlando espressamente di macchine che apprendono. Questo argomento cardine, attraverso cui conclude anche il suo articolo, è stato affrontato con uno stile decisamente futuristico, considerando l'anno in cui è stato scritto. Sebbene infatti egli affermi che *“Il lettore si sarà già accorto che non ho alcun argomento molto convincente di carattere positivo per sostenere il mio punto di vista. Se l'avessi avuto non mi sarei certo dedicato con tanta cura a indicare gli errori dei punti di vista opposti al mio”*¹²⁰, prese in considerazione la possibilità di creare una macchina che possa simulare la mente di un bambino ed attraverso un processo educativo farla sviluppare fino a raggiungere un livello di pensiero adulto, al fine di istruirlo al gioco dell'imitazione. Turing approcciò dividendo il problema in due parti: la prima consiste nel trattare il programma a livello infantile per poi concentrarsi sul processo educativo, in modo da poter sperimentare diversi metodi d'insegnamento affinché si possa analizzare in che misura possa apprendere la macchina. Da un punto di vista analogico è, infatti, riscontrabile questa metodologia con il processo evolutivo biologico. Egli paragonò la struttura della macchina-bambino al materiale ereditario, mentre i cambiamenti nella macchina-bambino rappresentano le mutazioni genetiche. Inoltre, lo sperimentatore che giudica il progresso della macchina-bambino è equivalente al ruolo che gioca la selezione natura. A differenza però dell'evoluzione biologica, gli esseri umani dovrebbero essere più veloci proprio a causa della loro intelligenza, la quale può accelerare il processo di miglioramento di queste macchine, andando ad indentificare anche eventuali cambiamenti/mutazioni che potrebbero

¹²⁰ V. Somenzi, R. Cordeschi, *op. cit.*, Paolo Boringhieri, 1986, p. 177.

nuocere alle stesse. Focalizzandosi poi sull'approccio educativo, Turing sottolineò come fosse necessario fornire un ambiente protetto per le macchine e stabilire un canale bidirezionale di comunicazione tra insegnante e allievo per consentire il processo educativo, non soffermandosi ad un metodo basato esclusivamente su punizioni e ricompense, ma considerare lo sviluppo di canali di comunicazione non emozionali al fine di insegnare alle macchine a comprendere e rispondere ad ordini espressi attraverso quello che può essere un linguaggio simbolico. Se poi si riuscisse a migliorare la macchina con un sistema completo di inferenza logica, questo potrebbe garantire una maggiore autonomia nonché una qualche capacità di ragionamento alle macchine. Tale sistema potrebbe utilizzare proposizioni di vario tipo, indicandone alcune come imperative, ovvero proposizioni che esprimono un comando o un'azione da svolgere, purché tutte abbiano una forma logica priva di valori di credibilità. Turing, infatti, suggerì che la macchina dovrebbe essere programmata in modo tale che, quando un imperativo viene classificato come "*ben fondato*", l'azione corrispondente venga eseguita automaticamente. La macchina dovrebbe avere un processo d'inferenza logica non necessariamente tra i più esigenti, anche perché si fa notare come la capacità di fare scelte appropriate all'interno di un sistema logico evidenzi *"la differenza tra un ragionatore brillante e uno sciocco, non la differenza tra ragionamento valido e errato"*¹²¹. I processi di insegnamento ed apprendimento dovrebbero avere regole fisse ed invariabili per determinare il suo comportamento, indipendentemente dalla sua storia o dai cambiamenti a cui potrebbe essere soggetta. Tuttavia, il processo di apprendimento implica un adattamento delle regole esistenti o l'acquisizione di nuove regole in base all'esperienza o ai dati disponibili.

Tutto questo poteva all'epoca sembrare paradossale nell'apprendimento, poiché sembrava contraddire l'idea di avere regole fisse e invariate, però le nuove regole sono presentate con un valore di validità temporaneo e sono, inoltre, adattate a quelle circostanze specifiche dell'apprendimento. Infatti, queste sono regole che consentono alla

¹²¹ Ivi, p. 181.

macchina di adattarsi e migliorare le proprie prestazioni in base a quanto viene acquisito durante il processo di apprendimento. Ulteriore caratteristica risiede nel cambio di prospettiva adottata dall'insegnante della macchina-bambino, il quale non necessariamente deve essere a conoscenza dei dettagli specifici del suo funzionamento interno, nonostante possa, parzialmente, prevederne il comportamento. Quest'ultima considerazione è in contrasto con l'ipotesi che la macchina possa eseguire solo quanto ordinatele, o, meglio ancora, ribalta completamente la procedura convenzionale per cui una macchina debba essere programmata avendo una chiara rappresentazione mentale del suo stato in ogni istante del processo di calcolo al fine di raggiungere l'obiettivo per il quale viene utilizzata. Allo stesso modo è da evitare un comportamento puramente casuale in quanto potrebbe portare a non ottenere alcun risultato o inutili ripetizioni che rallenterebbero quanto un essere umano può realizzare.

Per Turing, dunque, un comportamento definibile intelligente, "*presumibilmente*" consiste nel riuscire a mantenere la giusta distanza fra un comportamento totalmente computabile ed uno totalmente casuale. Infatti, l'inserimento di elementi di casualità in una macchina che impara, così come sono presenti allo stesso modo nell'evoluzione umana, permette di superare in maniera naturale la "*fallibilità umana*", poiché, in questo modo si possono esplorare maggiori soluzioni facilitando l'evoluzione delle macchine verso un'intelligenza più avanzata; invece, qualora un processo appreso comporti totale certezza del risultato, questo non potrebbe essere disimparato o modificato in quanto, banalmente, si arriverebbe ad ottenere quanto desiderato, non preoccupandosi di ulteriori ipotetiche soluzioni. Tuttavia, lo stesso Turing, come già afferma all'inizio del suo saggio, non riteneva che le proprie teorie fossero perfette ma che potrebbero essere un mero punto di partenza; cosa che si è rivelata fondata tanto da essere ancora valida anche ai giorni d'oggi.

3. *Le conseguenze dell'influenza di Turing: l'intelligenza artificiale diventa scienza autonoma*

L'articolo di Turing, analizzato nel paragrafo precedente, può essere assunto quale il primo articolo relativo alla cosiddetta intelligenza artificiale, aprendo di fatto la strada a quella che diventerà una vera e propria disciplina. Le idee di Turing iniziavano dunque a fare breccia anche nell'opinione pubblica grazie ad interventi dello stesso scienziato in occasioni divulgative¹²², andando sempre più a definire e precisare le proprie teorie.

Il mondo scientifico vedeva pertanto in questa nuova primavera innovativa l'occasione per poter migliorare i processi allora esistenti, nei più disparati campi, attraverso l'utilizzo di questi nuovi strumenti, i computer, coadiuvandoli con i relativi algoritmi adoperati. Tuttavia, questo vasto campo, che va ad abbracciare l'informatica, lo studio delle leggi del pensiero ed il tentativo di replicare artificialmente il funzionamento del cervello umano, non aveva però ancora trovato una collocazione definita nelle scienze, essendo imputabile a ciò la diversità delle discipline su cui pone le basi questa ricerca¹²³.

Il vero e proprio 'battesimo' dell'intelligenza artificiale come scienza in quanto tale è però annunciato il 31 agosto 1955¹²⁴, attraverso le parole

¹²² Cfr. B. J. Copeland, *op. cit.*, 2004, pp. 465 – 506; laddove sono presenti le trascrizioni di interventi alla radio BBC da parte di Turing sul tema, compreso un dialogo con i colleghi Newman, Braithwaite, e Jefferson, avvenuto nel 1952 e considerato la prima discussione registrata sull'intelligenza artificiale.

¹²³ Russell e Norvig nell'individuare i fondamenti dell'intelligenza artificiale con le relative domande annoverano le seguenti discipline: filosofia, matematica, economia, neuroscienze, psicologia, ingegneria informatica, linguistica, teoria del controllo e cibernetica; per ciascuna di queste individuano alcune domande chiave da porsi per comprendere l'intelligenza artificiale. Come argomento nel prossimo capitolo, l'assenza del diritto in questo elenco potrebbe rappresentare una lacuna pericolosa allorquando i risvolti giuridici di un fenomeno sono rilegati a valle anziché a monte.

¹²⁴ Un diverso convegno in cui il rapporto fra computer e cervello con le relative attività mentali si ebbe già nel 1955 organizzato dall'*Institute of Radio Engineers* (IRE). Come riportato dal filosofo italiano Roberto Cordeschi: "Un diverso convegno, al quale partecipava lo stesso McCulloch, sembrava questa volta fare i conti con il ruolo che il calcolatore poteva svolgere nelle scienze della mente e del cervello. Insieme a Oettinger, al neurologo Otto Schmitt e a Nathaniel Rochester, direttore di ricerca dell'IBM, McCulloch era uno dei quattro relatori del simposio 'Progetto di macchine che simulano il comportamento del cervello umano' (1956), organizzato nel 1955 dalla

scritte da parte di quattro scienziati, che lo comunicarono, esplicitamente, attraverso una richiesta di finanziamento alla Fondazione Rockefeller¹²⁵. Tra questi, fu, in particolare, McCarthy a svolgere un ruolo di primo piano in contatto dapprima con Warren Weaver (1894 – 1978)¹²⁶ e, successivamente, con Robert Swain Morison (1906 – 1986), allora direttore della ricerca in biologia e medicina presso la Fondazione Rockefeller. McCarthy, Minsky, Rochester¹²⁷ e Shannon proposero *“uno studio sull’intelligenza artificiale, della durata di 2 mesi e composto da 10 persone, venga condotto durante l’estate del 1956 al Dartmouth College di Hanover, nel New Hampshire. Lo studio deve procedere sulla base della congettura che ogni aspetto dell’apprendimento o di qualsiasi altra caratteristica dell’intelligenza possa essere descritto in linea di principio in modo così preciso da poter essere simulato da una macchina. Si cercherà di capire come far sì che le macchine utilizzino il linguaggio, formino astrazioni e concetti, risolvano tipi di problemi ora riservati agli esseri umani e migliorino sé stesse. Pensiamo che si possa fare un significativo passo avanti in uno o più di questi problemi se un gruppo accuratamente selezionato di questi problemi se un gruppo accuratamente selezionato di scienziati di scienziati che ci*

IRE National Convention. Invitati a discutere le relazioni erano tra gli altri John Mauchly, Walter Pitts e Marvin Minsky, in quel momento ad Harvard. La lettura del resoconto di questo simposio è illuminante: si ha la sensazione di avere davanti l’inventario degli argomenti principali, degli approcci metodologici, delle ambizioni e delle difficoltà che verranno in primo piano nel decennio successivo, e in qualche caso anche in tempi più recenti. Sullo sfondo o al centro dei temi dibattuti al simposio i primi programmi per calcolatore già funzionanti, o comunque in fase di sperimentazione, che in un modo o in un altro imitavano prestazioni umane o competevano con esse”. Cit. R. Cordeschi, *L’Intelligenza artificiale*, in E. Bellone (ed.), *La Scienza*, La biblioteca di Repubblica, 2005, p. 622, originalmente pubblicato in L. Geymonat, *Storia del pensiero filosofico e scientifico. Il Novecento*, Vol. 8, n. III, Garzanti, 1996, pp. 145 – 200.

¹²⁵ La Fondazione Rockefeller, in inglese Rockefeller Foundation, è un’organizzazione statunitense sostenuta da finanziamenti pubblici e privati impegnata nel promuovere il benessere umano a livello globale attraverso investimenti in sanità, sviluppo economico e sociale, innovazione e ricerca scientifica, cfr. <https://www.rockefellerfoundation.org>.

¹²⁶ Warren Weaver, matematico americano, ricopriva all’epoca la carica di Vicepresidente del dipartimento di ‘scienze mediche e naturali’ presso la Fondazione Rockefeller; è ricordato in particolar modo per aver contribuito con lo stesso Shannon alla teoria della comunicazione, attraverso il modello presentato nel 1949 e che prende il nome dei due autori. Cfr. Rockefeller Foundation, Record Group 1.2, Series 200, Box 26, Folder 219, Dartmouth College – Artificial Intelligence – (Computers), 1955 – 1957, in <https://dimes.rockarch.org/objects/ZbZohZDEsi9kKVuERRAC9A/view>

¹²⁷ Nathaniel Rochester (1919 – 2001) è stato un informatico statunitense. Ha lavorato per IBM, per cui ha progettato il primo computer commerciale della storia, l’IBM 701.

lavorino insieme per un'estate"¹²⁸. Gli autori, inoltre, individuavano specificamente alcuni dei problemi riguardanti questa nuova disciplina andando brevemente ad elencarli e cercando di cogliere le sfide da porre.

Il primo punto riguardava i calcolatori automatici, *automatic computers*, e le sfide lanciate dalla programmazione. I proponenti, infatti, si preoccupavano della velocità e della capacità di memoria da impiegare nello svolgimento di un determinato lavoro da parte di una macchina o di simulare le funzioni del cervello umano; essi intendevano soffermarsi su quello che è, dal loro punto di vista, l'ostacolo principale ovvero sia la capacità di creare programmi in grado di sfruttare appieno queste risorse. In particolare, proseguendo al punto successivo, si suggeriva di approfondire e formulare esempi per la programmazione alla stregua del ragionamento umano così come avviene attraverso l'utilizzo di un linguaggio. La proposta continuava con la presentazione e l'analisi di argomenti pregnanti la riproduzione su computer delle attività mentali umane quali l'approfondimento teorico delle reti neurali, l'automiglioramento e la capacità di astrazione di queste macchine intelligenti, l'individuazione di un criterio di efficienza del calcolo al fine di ottenere un metodo da teorizzare ed, infine, l'analisi del rapporto fra causalità e creatività.

Quella che di fatto rappresentava una semplice proposta di finanziamento per questo '*Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*' si concretizzò, di fatto, durante l'estate successiva, nel 1956, nella nascita dell'intelligenza artificiale come campo di ricerca in quanto tale¹²⁹. Durante le settimane in cui si svolsero i lavori, vi fu un

¹²⁸ J. McCarthy, M. Minsky, N. Rochester, C. Shannon, *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence: August 31, 1955*, in 'The AI Magazine', vol. 27, n. 4, 2006, pp. 12 – 14, traduzione mia.

¹²⁹ Come già ricordato e ribadito in questo punto del testo, si suole far iniziare la storia dell'intelligenza artificiale proprio a partire da questo evento, poiché è stato il primo momento in cui questi due termini sono stati utilizzati per identificare quegli studi fino ad allora condotti nel mettere in relazione il pensiero e l'agire umano con le capacità dei computer. È interessante notare come, sulla scia di Turing, un primo evento in materia si ebbe già in Francia nel 1951 con la Paris International Computer Conference. Cfr. W. de Beauclair, *Alwin Walther, IPM, and the Development of Calculator/Computer Technology in Germany, 1930-1945*, in 'Annals of the History of Computing', vol. 8, n. 4, 1986, pp. 334 – 350; H. Bruderer, *The Birth of Artificial Intelligence: First Conference on Artificial Intelligence in Paris in 1951?*, in A. Tatnall, C. Leslie, (a cura di), *International Communities of Invention and Innovation, HC 2016, IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 491, Springer, 2016, pp. 181 – 185; P. E.

afflusso ben maggiore dei dieci partecipanti previsti dalla proposta, in quanto, sebbene non sempre nello stesso periodo, si alternarono diversi protagonisti della materia¹³⁰.

I due principali risultati del seminario, pietre miliari della ricerca in IA, furono rappresentati, da un lato, “(dal)le tecniche di elaborazione simbolica basate sull’euristica sviluppate da Newell e Simon nel *Logic Theorist*¹³¹ (programma che venne ufficialmente presentato proprio a Dartmouth); dall’altro, lo sviluppo di hardware e, soprattutto, software (in particolare i linguaggi di programmazione basati su liste quali Lisp e Ilp) che resero possibile l’implementazione di quelle tecniche”¹³².

È comunque da segnalare come vi siano stati ulteriori scritti utilizzati come report del workshop, sebbene questi non furono trasformati in pubblicazioni ufficiali; uno di questi, a firma di Solomonoff, fu stato inviato da McCarthy a Swain Morison. Sebbene lo stesso promotore del workshop in una ulteriore missiva, sempre indirizzata a Morrison, avesse annunciato l’invio prossimo di una relazione generale sul progetto, insieme ad una propria personale ed un’altra a firma di Minsky¹³³, sembra che questo non sia mai accaduto¹³⁴.

Mounier-Kuhn, *The Institut Blaise-Pascal (1946 – 1969) from Couffignal’s Machine to Artificial Intelligence*, in ‘Annals of the History of Computing’, vol. 11, n. 4, 1989, pp. 257 – 261; G. Ramunni, *Louis Couffignal, 1902-1966: Informatics Pioneer in France?*, in ‘Annals of the History of Computing’, vol. 11, n. 4, 1989, pp. 247 – 256; Joseph Pérès (a cura di), *Les machines à calculer et la pensée humaine, Paris, 8–13 janvier 1951, Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique*, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), 1953, pp. 570.

¹³⁰ Per un resoconto del seminario sono disponibili i diretti resoconti di Ray Solomonoff (1926 – 2009), inventore della probabilità algoritmica, della sua Teoria generale dell’inferenza induttiva ed uno dei fondatori della teoria algoritmica dell’informazione. I materiali, messi a disposizione dalla famiglia, sono consultabili all’indirizzo <https://raysolomonoff.com/dartmouth/dart.html>; il bollettino ufficiale è disponibile presso la Fondazione Rockefeller così come riportato dai materiali di Solomonoff, ma non risultano ulteriori documenti ufficiali salvo quanto si afferma successivamente nel corpo del testo.

¹³¹ Il *Logic Theorist* è stato uno dei primi programmi ad essere capace di ragionare in quanto in grado di risolvere molti dei problemi dei *Principia Mathematica* di Russell e Whitehead. Inoltre, una menzione, sebbene già sia stato incontrato nel testo, è da riservare ad Herbert Simon (1916 – 2001) per via dei suoi studi sui processi decisionali e sulla razionalità limitata che ha successivamente influenzato gli studi sull’intelligenza artificiale. Cfr. F. Bianchini, S. Franchi, *op. cit.*, 2007, p. 7; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 23.

¹³² Cit. F. Bianchini, S. Franchi, *Introduzione*, in F. Bianchini, S. Franchi, M. Matteuzzi (a cura di), *op. cit.*, 2007, p. 5.

¹³³ Tale informazione è rinvenibile dalla ricerca da me effettuata attraverso una corrispondenza mail con lo stesso Archivio Rockefeller, dell’omonima fondazione. Le fonti sono tutte contenute

Dunque, sebbene questi risultati potessero apparire numericamente pochi da un punto di vista accademico, il workshop di Dartmouth ha lasciato e continua ancora tutt'oggi a manifestare i suoi risultati. In effetti, questo aveva offerto l'opportunità di poter mettere in contatto la maggior parte dei principali studiosi dell'epoca, presenti sul suolo americano, tanto da convogliare anche tutti i diversi approcci alla materia. Si discussero problemi inerenti alla differenza fra informazioni semantiche, numeriche e simboliche, così come fu tenuto il dibattito fra logica deduttiva e metodi probabilistici induttivi; inoltre, sempre durante questo periodo nacquero e si affermarono i centri storici della ricerca sull'intelligenza artificiale¹³⁵.

Quell'anno, invero, a distanza di pochi mesi, un altro avvenimento fece seguito a quella rivoluzione che aveva dato il via all'affermarsi delle scienze cognitive ed al rapporto fra intelligenza artificiale e processi del pensiero umano; fu, infatti, fondamentale proprio per comprendere la filosofia sottostante l'intelligenza artificiale. Faccio riferimento al *'Symposium on Information Theory'* svoltosi presso il MIT nel settembre del 1956, dove furono riproposte alcune delle idee del *'Dartmouth workshop'* in presenza di specialisti delle scienze umane e delle scienze della comunicazione. Come dichiararono gli stessi Newell e Simon: *"Negli ultimi dodici anni si è verificato nel punto di vista scientifico un mutamento generale [...]. Si può grosso modo far risalire il mutamento al 1956: in psicologia esso fu contrassegnato dalla pubblicazione del libro di Bruner, Goodnow e Austin 'Study of Thinking' e dell'articolo di George Miller 'The Magical number Seven; in linguistica dalla comunicazione di Noam Chomsky 'Three Models of Language'; e in informatica dal nostro articolo*

nel fascicolo relativo alla conferenza, ma purtroppo non mi è stato possibile consultare quello relativo a Morison. Si riporta qui il riferimento dell'archivio a cui fa riferimento questa fonte: J. McCarthy to R. Morison, 9 Nov. 1956, in Rockefeller Foundation, Record Group 1.2, Series 200, Box 26, Folder 219, Dartmouth College – Artificial Intelligence – (Computers), 1955 – 1957, in <https://dimes.rockarch.org/objects/ZbZohZDEsi9kKVuERRAC9A/view>.

¹³⁴ Cfr. R. Kline, *Cybernetics, Automata Studies, and the Dartmouth Conference on Artificial Intelligence*, in 'IEEE Annals of the History of Computing', vol. 33, n. 4, 2011, pp. 5 – 16.

¹³⁵ Cfr. R. Cordeschi, *op. cit.*, 1996, p. 632, che riporta "Dopo Dartmouth, si sarebbero formati i centri storici della ricerca in IA: alla Carnegie-Mellon University con Newell e Simon, al MIT con Minsky, alla Stanford University con McCarthy. In Inghilterra, l'eredità di Turing fu raccolta da Michie a Edimburgo, prima che la ricerca in IA decollasse in altri paesi europei".

sulla *'Logic Theory Machine'*¹³⁶. A questo ulteriore evento, successivamente, si tenne la conferenza di Teddington, in Gran Bretagna, del 1958, con oggetto la meccanizzazione dei processi del pensiero. Questa ha rappresentato un'ulteriore pietra miliare verso lo studio e l'approfondimento dello strumento dell'intelligenza artificiale¹³⁷.

Insomma, i risvolti filosofici ed i progressi tecnologici propri di questa nuova scienza portarono, nel ventennio fra gli anni Cinquanta e gli inizi degli anni Settanta, a grossi entusiasmi e grandi aspettative. I metodi di lavoro hanno però seguito un doppio binario con una predominanza del primo piuttosto che del secondo; si sta facendo riferimento a quegli approcci definiti come cognitivismo e connessionismo.

A tal riguardo, nell'introdurre questo argomento, le scienze cognitive, utilizzando la definizione dello 'studioso dell'intelligenza' Howard Gardner, possono essere definite come *"una creazione contemporanea, fondata su conoscenze empiriche, per rispondere a interrogativi epistemologici di vecchia data: in particolare a quelli concernenti la natura della conoscenza, le sue componenti, le sue fonti, il suo sviluppo e il suo impiego"*¹³⁸. Più in generale si può affermare che esse rappresentano lo studio di sistemi intelligenti, in particolare della mente umana, attraverso un approccio interdisciplinare che vede coinvolte l'antropologia, la filosofia, l'intelligenza artificiale, la linguistica, le neuroscienze, la pedagogia e la psicologia. Fino all'avvento degli strumenti di calcolo automatizzati, il comportamentismo, o behaviorismo, italianizzando il lemma di lingua inglese (*behaviour*, ossia comportamento), aveva rappresentato la visione principale della psicologia sperimentale, ritenendo la non esistenza della mente. Secondo questa teoria è necessario, attraverso l'applicazione di approccio psicologico di conoscenza dell'essere umano, limitarsi alla sola relazione tra stimoli osservabili e comportamenti osservabili.

¹³⁶ Cit. A. Newell, H. Simon, *Human Problem Solving*, Prentice – Hall, 1972, p. 4. Su questo tema uno specifico approfondimento seguirà nel corso del testo.

¹³⁷ Cfr. *Mechanization of Thought Processes*, Nature, n. 182, 1958, p. 1416 in <https://www.nature.com/articles/1821416a0>; R. Klene, *op. cit.*, 2011.

¹³⁸ Cit. H. Gardner, *op. cit.*, 2010, pp. 17 – 18.

È pacifico affermare che la scienza cognitiva, come già affermato, nasca in occasione del ‘*Symposium on Information Theory*’ del 1956, attraverso il lavoro dei seguenti autori. Già sono stati elencati i progressi fatti da McCarthy, Minsky, Newell e Simon in ambito di intelligenza artificiale, a questi si devono aggiungere, inoltre, gli studi dello psicologo George Miller (1920 – 2012) e del linguista Noam Chomsky (1928). Il primo ha dimostrato come la limitata capacità del pensiero umano, per cui la memoria a breve termine, composta di soli sette elementi, potesse subire un processo di ricodifica delle informazioni in pezzi, ovvero rappresentazioni mentali che richiedono procedure altrettanto mentali per la codifica e la decodifica delle informazioni; il secondo, invece, ha rifiutato le ipotesi comportamentiste sul linguaggio come abitudine appresa ed ha proposto, d’altro canto, di spiegare come la comprensione del linguaggio possa porsi in termini di grammatiche mentali composte da regole, seguendo le precisioni formali della matematica¹³⁹. L’ipotesi centrale della scienza cognitiva, e dell’approccio puramente cognitivista, è che il pensiero possa essere meglio compreso in termini di strutture di rappresentazione nella mente e di procedure computazionali che operano proprio su tali strutture. Individuarne invece le specifiche caratteristiche risulta alquanto difficile ed impreciso poiché, dipende dal diverso approccio adottato dai diversi studiosi nei confronti di questa scienza. Le caratteristiche della scienza cognitiva sono fortemente influenzate dalla formazione e dall’orientamento disciplinare dei ricercatori coinvolti. Pertanto, le specifiche caratteristiche possono variare notevolmente in base alla prospettiva ed all’esperienza di coloro che vi si dedicano.

Seguendo d’altro canto sempre Gardner, è possibile concentrarsi sulle seguenti caratteristiche: “*Innanzitutto c’è la convinzione che, parlando delle attività cognitive umane, sia necessario parlare di rappresentazioni mentali e porre un livello di analisi del tutto separato da quello biologico o*

¹³⁹ Cfr. H. Gardner, *op. cit.*, 2010, pp. 41 – 45; F. Romeo, *Giustizia e predittività. Un percorso dal machine learning al concetto di diritto*, in ‘Rivista di filosofia del diritto’, vol. 9, n. 1, 2020, p. 110; P. Thagard, *Cognitive Science*, ‘The Stanford Encyclopedia of Philosophy’, Edward N. Zalta (ed.), 2023, in <https://plato.stanford.edu/entries/cognitive-science>.

neurologico da un lato e da quello sociologico o culturale dall'altro. In secondo luogo, c'è la fede che, in ogni comprensione della mente umana, abbia una posizione centrale l'elaboratore elettronico. Non solo i computer sono indispensabili per eseguire svariati studi, ma, fatto più cruciale, il computer fornisce anche il modello più promettente del modo in cui funziona la mente umana. Mentre i primi due aspetti includono le convinzioni centrali della corrente scienza cognitiva, gli ultimi tre riguardano caratteristiche metodologici o strategici. Il terzo carattere della scienza cognitiva è la decisione deliberata di mettere fra parentesi certi fattori che possono essere importanti per il funzionamento cognitivo ma la cui discussione complicherebbe oggi senza necessità l'impresa della scienza cognitiva. Questi fattori storici e culturali e il ruolo del contesto generale in cui particolari azioni o pensieri si verificano. Il quarto carattere è la fede degli scienziati cognitivi di poter guadagnare molto dagli studi interdisciplinari [...]. Una quinta caratteristica, un po' più controversa, è la tesi secondo cui un ingrediente chiave della scienza cognitiva contemporanea sia l'elenco dei problemi che devono essere affrontati e l'insieme delle preoccupazioni che hanno dato molto filo da torcere agli epistemologici nella tradizione filosofica occidentale”¹⁴⁰.

In particolare, per i cognitivisti la principale categoria di ragionamento da utilizzare consiste nel ragionamento deduttivo, in modo da trarre conclusioni valide da premesse. Da qui la presunzione che le rappresentazioni mentali contenute nella mente siano analoghe alle strutture di dati contenute negli elaboratori, così come le procedure di calcolo possono riflettersi negli algoritmi computazionali¹⁴¹. Pertanto, i cognitivisti

¹⁴⁰ Cit. H. Gardner, *op. cit.*, 2010, pp. 18 – 19.

¹⁴¹ Già in questo periodo, sulla scia di una naturalizzazione biologica degli algoritmi, vi sono stati i primi esperimenti di evoluzione automatica, da cui discendono gli odierni algoritmi genetici. Questi si basavano sull'idea della possibilità di generare un algoritmo per la soluzione di una qualsiasi attività, modificando un programma esistente casualmente e selezionando esclusivamente le 'mutazioni utili', cercando di massimizzare la 'fitness'. Questo processo porterebbe ad una sorta di 'selezione naturale' degli algoritmi. Come riportano Norvig e Russell: “Nonostante migliaia di ore di tempo della CPU fu praticamente impossibile registrare alcun progresso. Gli algoritmi genetici moderni usano rappresentazioni migliori e hanno avuto più successo” Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 28. Cfr. F. Corona, *Giustizia predittiva. Quando gli algoritmi pervadono il diritto*, Aracne, 2023, p. 76; J. H. Holland, *Adaption in Natural and Artificial Systems*, Bradford Books, 1975, pp. 221; G. Sartor, *L'intelligenza artificiale e il diritto*, Giappichelli, 2022, p. 11; A.

hanno proposto tesi secondo le quali la mente fa uso di rappresentazioni mentali come proposizioni logiche, regole, concetti, immagini e analogie, e che, inoltre, utilizza procedure mentali come la deduzione, la ricerca, la corrispondenza, la rotazione, la retroazione ed il recupero. L'utilizzo degli strumenti di calcolo quali gli elaboratori ha permesso agli scienziati cognitivi di poter sperimentare e confrontare queste rappresentazioni formali e procedure mentali, attraverso appunto l'elaborazione e la manipolazione di simboli; parallelamente è attraverso l'elaborazione e la manipolazione di simboli, sia nei sistemi artificiali che in quelli naturali, è stato possibile sperimentare e confrontare queste rappresentazioni formali e procedure mentali: infatti, è adottato, come motto, il modello concettuale definito '*rules and representations*'.

Questo approccio ha portato alla creazione di programmi che cercano di replicare l'insieme dei passi elementari di ragionamento fino al raggiungimento della soluzione, seguendo uno schema deduttivo del tipo se...allora (*if...then*). Se i primi programmi sono stati definiti "*metodi deboli*"¹⁴², in virtù della loro limitata capacità di conoscenza, pian piano hanno iniziato ad essere creati i cosiddetti 'sistemi esperti', in grado di sfruttare la conoscenza di un dominio a partire dallo studio del linguaggio naturale. Inoltre, questa crescente evoluzione di applicazioni risolutive a problemi reali ha condotto ad un notevole aumento della richiesta di schemi efficaci per la rappresentazione della conoscenza e del ragionamento stesso. Di conseguenza, ci si è concentrati nello sviluppare linguaggi di programmazione¹⁴³ a tal fine utilizzabili: alcuni di essi si sono basati sulla logica, come ad esempio Prolog e PLANNER, mentre altri hanno adottato una struttura concettuale così come definita da Minsky 'frame'. Questo specifico approccio strutturato consisteva nel raccogliere fatti riguardanti

Tettamanzi, *Algoritmi Evolutivi: Concetti e Applicazioni*, in 'Mondo digitale', n. 1, 2005, pp. 3 – 17.

¹⁴² Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 29.

¹⁴³ Un linguaggio di programmazione è un insieme di regole e convenzioni utilizzate per scrivere istruzioni che possono essere eseguite da un computer.

tipologie specifiche di oggetti ed eventi, organizzandoli all'interno di una vasta gerarchia simile alla tassonomia biologica¹⁴⁴.

Inoltre, un ulteriore sviluppo che rappresentò fedelmente gli entusiasmi del periodo ed i progressi fatti, è stata la tesi di dottorato difesa da Terry Winograd (1946) fra il 1968 ed il 1970, in cui introdusse il suo programma SHRDLU, basandosi su questo modello concettuale predominante. Questo lavoro è ancora oggi considerato uno dei primi esempi di sistema di comprensione del linguaggio naturale e di interazione uomo-computer. Gli utenti potevano comunicare con SHRDLU attraverso il linguaggio naturale, esprimendo comandi per spostare, impilare, rimuovere o interrogare i blocchi nel mondo virtuale. Questo sistema è stato dotato di una comprensione rudimentale delle preposizioni, dei verbi e dei sostantivi, consentendo agli utenti di impartire istruzioni complesse attraverso l'utilizzo di frasi espresse in linguaggio naturale. Tuttavia, è importante sottolineare che, nonostante le sue abilità nell'elaborazione del linguaggio, SHRDLU non possiede una vera comprensione semantica, tanto da essere in seguito utilizzato come paradigma dai detrattori dei sistemi simbolici. La sua comprensione è stata basata su regole sintattiche e sulle relazioni spaziali tra gli oggetti nel mondo virtuale, piuttosto che su di una consapevolezza autentica del significato delle parole o delle azioni che gli venivano comunicate¹⁴⁵.

Contraltare di questi studi è, però, rappresentato dal fatto che l'approccio cognitivista simbolico degli anni Sessanta e settanta del secolo scorso aveva messo in ombra gli studi connessionisti sulle reti neurali. Il connessionismo, considerato comunque un approccio da inserire all'interno delle scienze cognitive, utilizza un paradigma di modellizzazione matematica dell'intelligenza basato sull'ispirazione del funzionamento del cervello umano, riproducendo neuroni artificiali interconnessi. Questo modello, per quanto si fosse già definitivamente affermato grazie sia a

¹⁴⁴ Cfr. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 31.

¹⁴⁵ Cfr. J. Kaplan, *Intelligenza artificiale*, LUISS University Press, 2018, pp. 45 – 49; T. Winograd, *Procedures as a representation for data in a computer for understanding natural language*, 'MIT AI Technical Report', n. 235, 1971.

McCulloch e Pitts sia con il cd. apprendimento hebbiano¹⁴⁶, di cui ho avuto modo di scrivere in precedenza, trova nuova linfa, nel 1958, con il ‘perceptron’ progettato dallo psicologo statunitense Frank Rosenblatt (1928 – 1971). Il perceptron rappresentò una delle prime reti neurali artificiali, basato dal proprio ideatore sul concetto di neuroni artificiali collegati tra loro in modo da formare uno strato singolo. Questi neuroni artificiali, ispirati alle unità di elaborazione del cervello, erano in grado di elaborare l’input attraverso una funzione di attivazione, generando output sulla base di pesi di connessione. Questi determinavano il contributo relativo di ciascun input alla produzione dell’output. La regola di apprendimento utilizzata era basata sulla minimizzazione dell’errore. Rosenblatt, inoltre, notò che il sistema dei pesi permetteva alla rete di attivare le connessioni, e quindi di ottenere l’output desiderato, solo quando la somma dei pesi che giungono ad un neurone è sufficiente a superare una data soglia minima. Più nel dettaglio il perceptron trovò la propria ‘meccanicità’ nel riconoscere simboli, lettere ed altre forme. *“Il perceptron era formato da una griglia di quattrocento fotocellule, corrispondenti a neuroni nella retina; queste cellule erano connesse a elementi associatori, che avevano la funzione di raccogliere gli impulsi elettrici prodotti dalle fotocellule; le connessioni erano state eseguite a caso, poiché questo sembrava il modo migliore per imitare il cervello”*¹⁴⁷.

Questa capacità del perceptron di apprendere dai dati ed adattarsi a nuove informazioni suscitò subito notevole attenzione nel mondo scientifico di quel periodo, sebbene già nel 1955 lo psicologo statunitense Paul Meehl (1920 – 2003) avesse analizzato, attraverso algoritmi statistici di apprendimento, i processi decisionali di attività soggettive¹⁴⁸. Tuttavia, l’impostazione cognitivista e le critiche al perceptron, inteso quale emblema delle reti neurali, misero comunque in ombra l’ambiente connessionista così come già avvenne a seguito della conferenza di Dartmouth, dove i lavori di

¹⁴⁶ Sul connessionismo, un primo, se non il primo assoluto riferimento, è da rivenirlo in E. Thorndike, *Human learning*, The Century Co., 1931, pp. 206.

¹⁴⁷ Cit. H. Gardner, *op. cit.*, 2010, p. 194.

¹⁴⁸ Cfr. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 570.

McCarthy, volti totalmente al cognitivismo, furono oggetto di un maggiore eco, oltre che di un notevole sostegno finanziario per la ricerca¹⁴⁹.

In particolare, nel 1969, Minsky e Seymour Papert (1928 – 2016), analizzarono nel loro libro *Perceptrons* le potenzialità e le limitazioni dei perceptrons di Rosenblatt. Gli autori dimostrarono come i perceptrons manifestassero limitazioni significative nel rappresentare quanto avessero appreso. Queste limitazioni condussero, dunque, ad un periodo di scetticismo riguardo all'utilità delle reti neurali artificiali e contribuirono ad un rallentamento generale della ricerca sull'intelligenza artificiale, anche noto come 'inverno dell'IA', a causa della scarsità dei risultati in relazione all'entusiasmo iniziale¹⁵⁰. Infatti, sebbene l'implementazione delle teorie cognitive nell'ambito informatico di intelligenza artificiale avesse dato luogo all'emergere degli attuali sistemi informatici, in grado di ampliare significativamente alcune capacità umane individuali, tali elaboratori non riuscivano del tutto ad emulare né simulare alcune capacità elementari intrinseche all'intelletto umano.

Tuttavia, la storia del perceptron ebbe una inaspettata svolta positiva negli anni '80 quando l'algoritmo di retropropagazione dell'errore fu riscoperto e reinventato¹⁵¹. Questo algoritmo permise di addestrare reti neurali profonde, superando le limitazioni del perceptron e aprendo la strada a nuovi sviluppi nell'ambito del *deep learning*, di cui si avrà modo di approfondire. In particolare, gli psicologi David Rumelhart (1942 – 2011) e James McClelland (1948) pubblicarono nel volume *Parallel Distributed*

¹⁴⁹ Cfr. R. Kline, *op. cit.*, 2011.

¹⁵⁰ Cfr. A. Ballatore, S. Natale, *Fallimenti, controversie e il mito tecnologico dell'Intelligenza artificiale*, in G. Balbi, P. Magaudda, a cura di, *Fallimenti digitali: Un'archeologia dei 'nuovi' media*, Unicopli, 2018, pp. 137 – 148. E. Francesconi, *The winter, the summer and the summer dream of artificial intelligence in law*, in 'Artificial Intelligence and Law', n. 30, 2022, pp. 147 – 161.

¹⁵¹ L'algoritmo di apprendimento basato sulla retropropagazione fu scoperto per la prima volta da Arthur Bryson e Yu-Chi Ho nel 1969 nel testo *Applied Optimal Control: Optimization, Estimation, and Control*, stesso anno in cui furono evidenziate le critiche al sistema perceptron. Per algoritmo di retropropagazione dell'errore s'intende "un apprendimento supervisionato, cioè è basata su un input di insegnamento fornito dall'esterno avente lo scopo di specificare, per ciascuna unità di output, quale sia il livello di attivazione desiderato, descrivendo così nei dettagli alla rete il comportamento che ci si aspetta da essa." Cit. D. Parisi, *Reti neurali e vita artificiale*, in 'Enciclopedia della Scienza e della Tecnica', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2007, in [https://www.treccani.it/enciclopedia/reti-neurali-e-vita-artificiale_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/reti-neurali-e-vita-artificiale_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica)).

Processing del 1986 i risultati del loro gruppo di ricerca, reintroducendo le reti neurali attraverso un modello capace di apprendere la lingua inglese. La prospettiva connessionista aveva riaperto gli entusiasmi nel dibattito sull'intelligenza artificiale.

Alla luce di ciò, riprendo il concetto di connessionismo, slegandolo dal perceptron e cercando di darne una più ampia visione.

Il paradigma connessionista, come già evidenziato, si discosta dal tradizionale approccio basato sui simboli e mette in primo piano il ruolo delle interconnessioni dinamiche tra singole unità di elaborazione in rete, spesso modellate sulla base dei principi dei neuroni biologici. All'interno di questa prospettiva, dunque, la rappresentazione della conoscenza non è fondata su entità simboliche discrete o su regole logiche predeterminate; piuttosto, la conoscenza è intrinsecamente distribuita tra le connessioni e i pesi sinaptici che collegano le unità di elaborazione. Queste connessioni sono suscettibili di adattamenti attraverso processi di apprendimento, consentendo alla rete di modificarsi in base alle esperienze acquisite¹⁵². Questo modello elimina la necessità di una programmazione dettagliata da parte degli operatori 'umani', permettendo alla rete di apprendere in modo autonomo, senza la necessità che tutti i dati possano essere disponibili o che il calcolo debba essere esatto; l'errore è un ulteriore elemento chiave, in quanto è dall'errore, o esperienza, che nasce l'apprendimento. Infatti, proprio l'apprendimento rappresenta un aspetto cruciale all'interno del connessionismo in quanto si ritiene che l'intelligenza sia un prodotto di questo. Le reti cognitive artificiali devono dimostrare la capacità di assimilare conoscenze dall'esperienza e di adeguarsi conseguentemente. Inoltre, il connessionismo, nel rifiuto del paradigma simbolico, si discosta

¹⁵² Da un punto di vista filosofico, questa visione sottolinea l'elemento meramente soggettivo, affermando che, nonostante il nostro avanzato livello di comprensione dell'attività cerebrale e del comportamento umano, c'è ancora un'essenza essenziale della coscienza che ci sfugge. Tale prospettiva è strettamente legata ai problemi epistemologici tanto della logica, della matematica e dei fondamenti della fisica, permeata dai teoremi di incompletezza di Gödel. Manifesto di questa complessità è evidenziata nello scritto del 1974 del professore di filosofia e diritto Thomas Nagel, il quale pose la seguente domanda "Cosa si prova ad essere un pipistrello?" Cfr. D. Dennett, D Hofstadter, *L'io della mente*, Adelphi, 1992, pp. 379 – 402; F. Romeo, op. cit., 2012, pp. 88 – 95;

dalla prospettiva di una computazione basata esclusivamente sulla logica deduttiva. Invece, esso abbraccia l'idea che un'associazione mentale accurata non possa essere semplicemente derivata da ragionamenti logici. Per raggiungere questo scopo, il connessionismo richiede l'incorporazione di diverse forme di cognizione che caratterizzano l'umanità. Tali forme cognitive sono guidate da processi di minimizzazione dell'energia o massimizzazione della soddisfazione, integrando così anche elementi non strettamente razionali, quali aspetti istintivi, affettivi e persino genetici. In questo modo, il connessionismo sviluppa la riproduzione dell'intelligenza artificiale considerando una varietà di componenti che vanno oltre il ragionamento logico deterministico, legandosi a una prospettiva più statistica e probabilistica nell'emergere delle capacità cognitive¹⁵³. Contemporaneamente, sia grazie allo sviluppo di nuovi hardware che a nuovi investimenti in ambito di intelligenza artificiale, fu data nuova linfa all'intero settore, anche se il boom globale del 1988 subì una nuova crisi, un nuovo periodo d'inverno, nonostante la contemporanea crescita vigorosa dei cd. sistemi esperti di matrice cognitivista.

Questa metodologia segue l'impostazione cognitivista simbolica, già in precedenza accennata, la quale venne definita ancora più precisamente nel 1975, da Newell e Simon, nel contesto dell'accettazione del 'Premio Turing', un prestigioso riconoscimento nell'ambito dell'informatica. Essi presentarono questa idea definendo ciò che chiamarono l'ipotesi del sistema simbolico fisico con le seguenti parole: *“I simboli sono alla base dell'azione intelligente che è, ovviamente, l'argomento primario dell'intelligenza artificiale...Un sistema simbolico fisico è una macchina che nel corso del tempo produce una serie di strutture simboliche in evoluzione”*, ed ancora: *“Un sistema simbolico fisico possiede i mezzi necessari e bastevoli per l'azione intelligente generale. Con la parola 'necessari' intendiamo dire che qualsiasi sistema che mostri intelligenza generale dimostrerà di essere, se analizzato, un sistema simbolico fisico. Per 'bastevoli' intendiamo dire che qualsiasi sistema simbolico fisico di grandezza sufficiente può essere*

¹⁵³ Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2012, pp.110 – 116.

organizzato ulteriormente perché mostri intelligenza generale. Con ‘azione intelligente generale’ intendiamo indicare... lo stesso scopo dell’intelligenza che vediamo nell’azione umana: ...in qualsiasi situazione reale può verificarsi un comportamento appropriato ai fini del sistema e capace di adattarsi a quanto l’ambiente richiede, all’interno di dati limiti di velocità e complessità”¹⁵⁴. Per gli stessi dunque, un sistema simbolico fisso doveva essere composto da una memoria, un insieme di operatori, un controllo, un’unità d’ingresso ed una d’uscita, alla stregua dell’architettura Von Neumann. Nella situazione appena descritta, i due informatici, si interrogano dunque su come stabilire collegamenti significativi tra entità che sono espresse in forma simbolica ed entità che rappresentano elementi del mondo reale ma che non sono espressi in modo simbolico, come oggetti, eventi, processi o proprietà del mondo reale. In sostanza, ci si trovava di fronte alla difficoltà di connettere il linguaggio simbolico che può essere manipolato e compreso dai computer, con la complessità e la ricchezza del mondo reale, che è costituito da oggetti, azioni e concetti concreti. Questa relazione risulta molto importante poiché consente agli studi d’intelligenza artificiale di sviluppare le capacità degli elaboratori di poter comprendere, ragionare e interagire con il mondo reale in modo significativo. Dunque, al fine di elaborare informazioni simboliche e mapparle a concetti ed operazioni fisiche, per consentire agli strumenti di intelligenza artificiale di svolgere azioni significative nel contesto del mondo reale, in modo da poter risolvere problemi alla stregua di un esperto umano, si ritenne opportuno utilizzare, per l’appunto, i sistemi esperti, anche chiamati sistemi di conoscenza, in quanto altamente specializzati e mirati a risolvere problemi specifici in determinati ambiti, divenendo ulteriormente noti come “*dominio-specifici*”¹⁵⁵. Questi sistemi scompongono compiti complessi in due componenti principali, ovvero una base di conoscenza, che include fatti, regole e relazioni specifiche all’ambito di interesse, rappresentati in forma

¹⁵⁴ Cit. J. Kaplan, *op. cit.*, 2018, p. 48. La citazione, con relativa traduzione è ripresa dal testo precedente, per il testo originale si rimanda a A. Newell, H. Simon, *Computer science as empirical inquiry: symbols and search*, in ‘Communications of the ACM’, vol. 19, n. 3, 1976, pp. 113 – 126.

¹⁵⁵ Cit. J. Kaplan, *op. cit.*, 2018, p. 50.

simbolica, ed un motore di inferenza, *general-purpose*, che detta come manipolare e combinare questi simboli. L'approccio di rappresentazione esplicita dei fatti e delle regole conferisce vantaggi significativi, rendendo i sistemi esperti più flessibili e facilmente modificabili quando nuovi dati o nuove conoscenze necessitano di essere incorporati. Gli sviluppatori di questi sistemi, noti come 'ingegneri della conoscenza', possono intervistare esperti umani nel campo e gradualmente tradurre le loro competenze nei programmi informatici, consentendo così la valutazione e il miglioramento iterativo delle performance del sistema. Inoltre, l'approccio dei sistemi esperti ha avuto, ed ancora oggi ha, l'obiettivo di rendere la conoscenza del dominio esplicitamente rappresentata, aprendo la strada all'analisi e alle modifiche. Si svilupparono in questo modo tecniche per la rappresentazione della conoscenza in modo tale da rendere questa elaborabile automaticamente, oltre a realizzare procedure per utilizzare queste basi di conoscenza finalizzate alla risoluzione di problemi. Questo approccio non solo incrementa la tolleranza agli errori dei programmi, ma fornisce anche un contesto per 'spiegare' il processo decisionale del programma, permettendo parallelamente di 'spiegare' come poteva pensare un essere umano¹⁵⁶; in parte questo è dovuto anche all'utilizzo della logica nell'applicazione ai metodi per il ragionamento automatico.

Gli investimenti economici in tale settore in quegli anni furono talmente ingenti che quando emersero difficoltà nello sviluppo e nella manutenzione di questi sistemi esperti, si assiste al 'nuovo inverno' dell'intelligenza artificiale. Questo periodo è perdurato fino alla metà degli anni '90, allorquando, nel 1997 il programma DEEP BLUE, di IBM, arriva a sconfiggere il campione del mondo di scacchi Garry Kasparov, riportando alla ribalta, anche grazie ai nuovi mezzi di comunicazione di massa, quale Internet, il tema dell'intelligenza artificiale e delle relative implicazioni¹⁵⁷. La disponibilità poi di insiemi di dati molto grandi ha favorito il poter dotare gli strumenti di intelligenza artificiale di una notevole quantità di

¹⁵⁶ Cfr. J. Kaplan, *op. cit.*, 2018, pp. 50 – 53; G. Sartor, *op. cit.*, 2016, pp. 289 – 292.

¹⁵⁷ Cfr. F. Hu, *Behind Deep Blue: Building the Computer That Defeated the World Chess Champion*, Princeton University Press, 2022, pp. 320.

conoscenza su cui base il loro addestramento, il loro fare esperienza; questa situazione ha, inoltre, permesso di sviluppare un nuovo approccio, il *machine learning*, ovvero quell'apprendimento automatico che aveva rappresentato il grande limite sia per i cognitivisti che per i connessionisti poiché sprovvisti degli strumenti adeguati, sebbene, come già anticipato in questo capitolo, l'approccio connessionista avesse già posto le basi attraverso le reti neurali artificiali.

4. *Le prime critiche all'intelligenza artificiale*

Prima di concludere, questa rassegna storico filosofica, rappresentando gli ultimi sviluppi dell'intelligenza artificiale, risulta doveroso soffermarsi sulle riflessioni filosoficamente opposte mosse a questa disciplina a partire dalla propria nascita. In particolare, la prima consistente critica fu mossa dal filosofo britannico John Lucas (1926 – 2020) nel 1961, con il suo articolo *Minds, Machines and Gödel* in cui egli mosse una critica all'analogia uomo-macchina, e di conseguenza fece emergere la falsità del meccanicismo ovvero quell'impostazione teorica per cui la mente è spiegata come una macchina. Egli sostenne la propria tesi attraverso le seguenti parole: “*Per quanto complicata sia la macchina che costruiamo, se è una macchina essa corrisponderà a un sistema formale, al quale a sua volta sarà possibile applicare la procedura di Gödel che porta a scoprire una formula non dimostrabile in quel sistema. Questa formula la macchina non sarà capace di produrla in quanto vera, mentre una mente umana potrà vedere che è vera. Quindi, la macchina non sarà ancora un modello adeguato della mente [...] Grazie al teorema di Gödel, la mente ha sempre l'ultima parola*”¹⁵⁸. Questo pensiero aveva preso spunto dall'obiezione matematica già avanzata da Turing in ‘*Computing, Machinery and Intelligence*’ ed era strettamente collegato ai teoremi di incompletezza di Gödel, già analizzati in precedenza. Giusto per richiamare

¹⁵⁸ G. Iorio Giannoli, *Intelligenza artificiale e filosofia*, in G. Fornero, S. Tassinari, (a cura di), *Le filosofie del Novecento*, Mondadori Bruno, 2002, pp. 1446.

alla memoria tale concetto questi teoremi suggeriscono che in ogni sistema formale sufficientemente complesso ci saranno affermazioni che sono vere, ma che non possono essere dimostrate all'interno del sistema stesso. In altre parole, ciò suggerisce che ogni sistema formale di conoscenza ha limiti intrinseci alla sua capacità di dimostrare la verità. Relativamente all'idea di intelligenza artificiale, Lucas sostenne che qualora gli esseri umani siano in grado di comprendere e dimostrare il teorema di Gödel, rendendo manifesto così che la loro mente superi le limitazioni dei sistemi formali, allora una macchina che opera secondo regole formali non potrà mai replicare la comprensione umana completa. Dunque, per l'autore, l'intuizione umana e la capacità di riconoscere la verità non possono essere simulate da una macchina, poiché una macchina opererebbe solo secondo regole predefinite e non avrebbe la capacità di comprendere le affermazioni che si trovano al di là di queste regole; affermando ciò il filosofo britannico dichiara inammissibile la tesi meccanicistica dell'attività mentale umana.¹⁵⁹

Sulla scia di quest'argomentazione, la quale “*ha causato decenni di controversie, dando origine a una vasta letteratura*”¹⁶⁰, è da inquadrare la tesi del matematico Roger Penrose (1931), esplicitata nelle sue opere *The Emperor's new mind* del 1989 e *Shadows of the mind* del 1994. Questi, però, adottò un approccio filosofico e teorico totalmente diverso da quello di Lucas, poiché eseguì una dimostrazione matematica corretta, rendendo di fatto l'argomentazione in sé inattaccabile¹⁶¹. La differenza chiave tra le due prospettive di Penrose e Lucas risiede nel punto di attacco dell'argomentazione. Lucas enfatizzò l'incapacità delle macchine di dimostrare certe affermazioni matematiche, mentre Penrose, spingendosi oltre, sostenne che la coscienza e l'intelligenza umana derivano da processi

¹⁵⁹ Per approfondire il tema dell'obiezione di Lucas e delle contro obiezioni mosse cfr. G. A. Antonelli, *Gödel, Penrose e i fondamenti dell'intelligenza artificiale*, in ‘Sistemi intelligenti, Rivista quadrimestrale di scienze cognitive e di intelligenza artificiale’ n. 3, 1997, pp. 353 – 355; F. Berto, *Tutti pazzi per Gödel. La guida completa al teorema di incompletezza*, Editori Laterza, 2019, pp. 270; A. Butti, *Lucas, Gödel e l'intelligenza meccanica*, in ‘Rivista di Filosofia Neo-Scolastica’, vol. 94, n. 4, 2002, pp. 637 – 674; D. Hofstadter, *op. cit.*, 2013, pp. 421 – 423, 508 – 515; J. Lucas, *Minds, Machines and Gödel*, in ‘Philosophy’, vol. 36, n. 137, 1961, pp. 112 – 127; ID., *The Gödelian Argument: Turn over the Page* in ‘Etica E Politica’, n. 5, vol. 1, 2003; S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, pp. 570 – 571.

¹⁶⁰ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 570.

¹⁶¹ Cfr. G. A. Antonelli, *op. cit.*, 1997, p. 355.

di natura quantistica che sono al di là delle capacità delle macchine algoritmiche. Questa posizione è stata duramente criticata da logici ed informatici, dando vita ad un dibattito che continua tutt'oggi¹⁶².

Ulteriore critica, sempre già anticipata ed analizzata da Turing, riguarda la cd. obiezione su “*l’informalità del comportamento*”¹⁶³, secondo cui l’essenza del comportamento umano risulta così intricata che non può essere rappresentata da un insieme elementare di regole. Considerando che i computer operano soltanto seguendo regole, essi non saranno in grado di creare un comportamento ‘intelligente’ simile a quello dell’essere umano. In campo di intelligenza artificiale, l’incapacità di catturare l’intera complessità mediante un insieme di regole logiche è denominata problema di qualificazione.

Questa problematica ha trovato nel filosofo Hubert Dreyfus (1929 – 2007) uno dei massimi esponenti, le cui obiezioni sono emerse come una voce influente e critica nei confronti delle ambizioni dell’intelligenza artificiale di emulare il modo di pensare e l’espressione dell’intelligenza umana, grazie, in particolar modo, ai suoi contributi *Alchemy and Artificial Intelligence* nel 1965, *What computers can’t do* nel 1972, *What computers still can’t do* nel 1992 ed infine *Mind Over Machine* nel 1986.¹⁶⁴ Nel dettaglio, la posizione ampiamente criticata è stata quella denominata ‘*Good Old Fashioned AI*’ (GOFAI)¹⁶⁵, secondo cui un comportamento intelligente non possa essere catturato da un sistema che ragiona logicamente a partire da insieme di fatti e regole che ne descrivono l’ambito di partenza, a causa dell’ampiezza e delle diverse sfumature che possono avere le attività umane.

¹⁶² Cfr. Ivi, pp. 353 – 376; F. Berto, *op. cit.*, 2019; W. Brewer, *Kurt Gödel. The Genius of Metamathematics*, Springer, 2022, 280 – 282; M. Davis, *op. cit.*, 2018, pp. 252 – 253; G. Iorio Giannoli, *op. cit.*, 2002, p. 1446, P. Odifreddi, *op. cit.*, 2018.

¹⁶³ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 572.

¹⁶⁴ Quest’ultimo con il fratello Stuart come co-autore. Cfr. H. Dreyfus, *Alchemy and Artificial Intelligence*, RAND Corporation, 1965, pp. 90; Id., *What computers can’t do: the limits of artificial intelligence*, Harper & Row, 1997, pp. 354; Id., *What computers still can’t do: a critique of artificial reason*, MIT Press, 1992, pp. 429; H. Dreyfus, S. Dreyfus, *Mind over machine*, The Free Press, 1986, pp. 231. Tutti i testi sono disponibili in lingua originale presso l’*Internet Archive*’ al seguente indirizzo web <https://archive.org>.

¹⁶⁵ Il termine fu coniato dal filosofo americano John Haugeland (1945 – 2010) nel suo libro *Artificial Intelligence: The Very Idea* del 1985. Con questa espressione si intende la AI simbolica classica.

Dreyfus, con una prospettiva fortemente fenomenologica ed esistenzialista, ha innescato una riflessione profonda sulla complessità dell'esperienza umana e sull'adeguatezza delle metodologie della GOFAI. Egli sostenne che il pensiero umano vada al di là delle regole formali, coinvolgendo intuizioni, giudizi e conoscenze tacite che non riescono ad essere incluse all'interno della programmazione; inoltre, questa prospettiva è in grado di sollevare ulteriori interrogativi sulla reale capacità dell'IA di affrontare situazioni complesse e contesti mutevoli, dove l'interpretazione contestuale ed il cosiddetto buon senso giocano un ruolo chiave nell'esperienza umana. Infatti, come riportato da Gardner, *“Dreyfus [...] sottolineò che, diversamente dai computer, gli esseri umani posseggono una coscienza crepuscolare; una tolleranza per l'ambiguità; un corpo che organizza e unifica la propria esperienza di oggetti e impressioni soggettive; un potenziale di noia, di fatica e di perdita di slancio; e fini e bisogni chiari che organizzano la propria situazione”*¹⁶⁶. Inoltre, per il filosofo americano, la vastità dei dati del mondo reale rappresenta un limite invalicabile a causa delle innumerevoli variabili proprie di un contesto in costante mutevolezza. Altro aspetto centrale delle obiezioni di Dreyfus è l'importanza data all'incorporamento, cioè, come già elencato poc'anzi, la profonda connessione dell'essere umano con il suo corpo e l'esperienza fisica nell'ambiente circostante. Questo concetto enfatizza il pensiero umano, considerandolo non solo come un'attività astratta, ma anche strettamente intrecciato con l'interazione fisica con il mondo, tanto da parlare di processi cognitivi incorporati¹⁶⁷, i quali evidenziano come l'esistenza umana sia intrinsecamente caratterizzata da una naturale sfumatura di inaspettato, che rende complesso attribuire un completo vincolo alle regole. Dato che un computer non è coinvolto in situazioni e non è guidato da bisogni, esigenze o scopi, è costretto a considerare tutti i dati come altrettanto rilevanti. Non

¹⁶⁶ Cit. H. Gardner, *op. cit.*, 2010, p. 187.

¹⁶⁷ Cfr. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 574. Per un approfondimento generale sull'autore cfr. P. McCorduck, *Machines who think: a personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence*, W. H. Freeman and company, 1979, pp. 180 – 205.

può eseguire il tipo di discriminazione e valutazione che costituiscono l'essenza della vita umana e che le conferiscono significato.

A ben vedere dunque l'analisi di Dreyfus non esclude aprioristicamente l'idea di un'intelligenza artificiale, bensì ne critica l'impostazione formale iniziale; infatti, come riportato anche da Russell e Norvig, il filosofo americano ed il fratello Stuart “*passano effettivamente dalla posizione di critici a quella di teorici dell'IA*”¹⁶⁸; in particolar modo con il lavoro del 1986, nel quale essi presentarono un'architettura per una rete neurale attraverso la quale era proposto un processo di acquisizione dell'esperienza, al fine di ipotizzare un avvicinamento proprio alla tanto criticata intelligenza artificiale. Gli spunti di questi filosofi, infatti, hanno permesso di aprire nuovi scenari alla materia, cercando di esplorare anche ciò che si pensava essere relativamente inutile, come era già, allo stesso modo, accaduto attraverso la ricerca sulle reti neurali.

La maggiore critica nel campo dell'intelligenza artificiale appare, senza dubbio, quella formulata da un altro filosofo americano, John Searle (1932). Nel suo celebre articolo del 1980, *Minds, brains, and programs*¹⁶⁹, introdusse la distinzione fra intelligenza artificiale debole ed intelligenza artificiale forte: “*Secondo l'IA debole, il pregio principale del calcolatore nello studio della mente sta nel fatto che esso ci fornisce uno strumento potentissimo: ci permette, ad esempio, di formulare e verificare le ipotesi in un modo più preciso e rigoroso. Secondo l'IA forte, invece, il calcolatore non è semplicemente uno strumento per lo studio della mente, ma piuttosto, quando sia programmato opportunamente, è una vera mente; è cioè possibile affermare che i calcolatori, una volta corredati dei programmi giusti, letteralmente capiscono e posseggono altri stati cognitivi. Per l'IA forte, poiché il calcolatore programmato possiede stati cognitivi, i programmi non sono semplici strumenti che ci permettono di verificare le spiegazioni psicologiche: i programmi sono essi stessi quelle*

¹⁶⁸ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 573.

¹⁶⁹ Cfr. J. Searle, *Minds, brains, and programs*, in ‘Behavioral and Brain Sciences’, Cambridge University Press, n. 3, 1980, 417 – 424.

spiegazioni.”¹⁷⁰ Se contro l’intelligenza artificiale debole Searle non ebbe nulla da eccepire, ritenendola esclusivamente uno strumento utile per la verifica delle ipotesi, egli decise di soffermarsi su una valutazione sfavorevole dell’intelligenza artificiale forte, cercando di dimostrare se effettivamente le macchine, questo il termine da lui utilizzato, siano in grado di pensare o, meglio ancora, se siano in possesso della facoltà di comprendere; per fare ciò, l’autore utilizzò l’esperimento mentale della cd. ‘Stanza Cinese’. In questo esperimento, Searle ha immaginato sé stesso all’interno di una stanza con un grande foglio su cui sono scritti ideogrammi cinesi, di cui non ha alcuna conoscenza, non sapendo né parlare né comprendere in alcun modo la lingua cinese; accanto c’è un secondo foglio di regole scritte in inglese affinché potesse identificare i simboli esclusivamente in base alla forma grafica. Successivamente, veniva fornito un terzo foglio sempre con ideogrammi cinesi, ma correlato di istruzioni in lingua inglese in modo da permettergli di tracciare simboli, e di conseguenza, attraverso i quali fornire anche risposte a domande postegli. Con la pratica, Searle diveniva molto bravo nel manipolare i simboli cinesi al punto da fornire risposte a domande talmente precise da essere indistinguibile da una persona di madrelingua cinese agli occhi di un osservatore esterno, portando alla altrui convinzione che egli avesse una comprensione profonda della lingua cinese. Ecco l’argomento centrale di Searle, egli non comprendeva effettivamente il cinese, nonostante le apparenze. Egli stava semplicemente manipolando simboli secondo le regole fornite. Questo esperimento sottolineava l’idea che la manipolazione formale di simboli, nota anche come sintassi, non sia sufficiente per la comprensione vera e propria. Searle affermò che la comprensione richiede non solo la sintassi, ma anche la semantica, ovvero la capacità di attribuire significato ai simboli. Nel caso dell’uomo nella stanza, mancava l’intenzionalità, cioè la capacità di avere un’autentica comprensione di ciò che stesse facendo.

¹⁷⁰ Cit. J. Searle, *Menti, cervelli e programmi*, in D. Dennett, D Hofstadter, *op. cit.*, Adelphi, 1992, p. 341. Sui meccanismi della mente cfr. S. Pinker, *Come funziona la mente*, Castelvechi, 2013, pp. 480.

La Stanza Cinese dimostrava che la capacità di rispondere a domande complesse in una lingua straniera non implica necessariamente che egli comprenda effettivamente il significato delle risposte, allo stesso modo di quanto avviene per le macchine, o meglio per i sistemi di intelligenza artificiale forte. Infatti, l'autore americano evidenziò come punto principale della sua argomentazione che nessun modello puramente formale potesse essere dotato di intenzionalità, proprietà frutto del potere causale propria dei neuroni all'interno del cervello umano. Come ulteriore sostegno alla propria tesi, egli sostenne che il test di Turing, nella sua essenza, non possa costituire un criterio valido per determinare se un computer sia in possesso di una mente o di una natura simile a quella umana. Questo perché la mera abilità di emulare prestazioni umane può essere replicata da individui o macchine, semplicemente seguendo regole formali in contesti specifici. Pertanto, rimane opinabile affermare di avere una reale comprensione allorquando si rimane confinati nella mera obbedienza a regole.

L'articolo del 1980 e la relativa argomentazione della Stanza Cinese, furono poi sviluppati nuovamente da Searle in *'Is the brain a digital computer'*¹⁷¹, in cui l'autore perfezionò la sua teoria basandola sui seguenti quattro assiomi. Il primo assioma afferma che *"I programmi sono formali (sintattici)"* poiché nel contesto della computazione, i programmi sono costruiti seguendo regole sintattiche, costituendo l'aspetto formale dei linguaggi di programmazione. Tali programmi eseguono operazioni su simboli seguendo rigorosamente schemi sintattici. La loro operatività non abbraccia la comprensione semantica; al contrario, stabiliscono la disposizione e la manipolazione dei simboli senza un effettivo comprendere cognitivo del loro significato. I simboli operanti all'interno di un programma sono relegati a meri oggetti, sprovvisti di significato intrinseco. Il secondo assioma, *"Le menti possiedono contenuti mentali (semantici)"*, si inserisce in netto contrasto con la manipolazione simbolica eseguita dai programmi, la cognizione umana genera pensieri dotati di significato semantico. Questi contenuti mentali rappresentano in modo intricato

¹⁷¹ J. Searle, *Is the Brain a Digital Computer?*, in 'Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association', vol. 64, n. 3, 1990, pp. 21 – 37.

concetti ed entità del mondo esterno. Tali costrutti possiedono una corrispondenza intrinseca con la loro designata significatività. Il terzo, *“La sintassi di per sé non costituisce né una condizione essenziale né sufficiente per la semantica”*, trova la sua ragione d’essere nella Stanza Cinese proprio per quanto questo esperimento mentale ha significato per il suo ideatore, ovvero che la mera sintattica è insufficiente per l’evocazione di contenuti semantici. Da ciò, Searle ha dedotto che *“La sintassi di per sé non è né condizione essenziale, né sufficiente per la determinazione della semantica”*, poiché il carattere sintattico dei programmi, disgiunto dall’incarnazione semantica, è incapace di generare la profonda significatività semantica intrinseca ai processi cognitivi. Al contrario, l’apparato cognitivo di una mente abbraccia inerentemente le connotazioni semantiche, superando il dominio della pura formalità sintattica. Pertanto, i programmi non possono essere assimilati alla natura sfaccettata delle menti e dunque, l’intelligenza artificiale, nonostante la sua capacità di ideare una manipolazione simbolica intricata attraverso i programmi, rimane fondamentalmente incapace di materializzare un’entità senziente dotata di autentica coscienza. Searle, infine, ha introdotto il quarto e ultimo assioma: *“I cervelli causano le menti”*; secondo questo, le entità cognitive sono il risultato di substrati neurali. La cognizione umana, con la sua complessa interazione tra reti neurali e processi biochimici, delinea il fondamento causale da cui emergono i fenomeni mentali. Tale affermazione serve a sottolineare la distinzione fondamentale tra la complessità della cognizione umana, intimamente legata alle basi biologiche, e l’astrazione dei sistemi computazionali che si basano unicamente sulla manipolazione formale dei simboli.

Concludendo, senza voler ulteriormente appesantire il discorso, è da segnalare come l’autore inglese nel suo primo lavoro abbia risposto alle obiezioni sollevategli su questo argomento, avendo seguito un approccio simile a quello utilizzato da Turing nel 1950, cercando così di dare un fondamento più solido alla propria tesi.

Il dibattito innescato da Searle ha rappresentato un nodo cruciale nel dibattito riguardo l'intelligenza artificiale e nel rapporto fra questi sistemi e gli esseri umani. Una delle risposte più autorevoli alla teoria di 'searliana' è stata fornita da Daniel Dennett e Douglas Hofstadter nel loro saggio del 1985 *'The Mind's I'*, nel quale assunsero una posizione totalmente opposta, avendo confutato totalmente l'esperimento della Stanza Cinese, ritenuto fuorviante a causa dell'errata impostazione iniziale. Dennett in particolare definisce l'argomentazione come una "*pompa d'intuizione*"¹⁷², ovvero "*intuition pump, a device for provoking a family of intuitions by producing variations on a basic thought experiment. An intuition pump is not, typically, an engine of discovery, but a persuader or pedagogical tool - a way of getting people to see things your way once you've seen the truth*"¹⁷³, capace di amplificare l'intuizione iniziale portando a determinate conclusioni strettamente dipendenti dall'approccio avuto con l'esperimento mentale¹⁷⁴.

Su chi in definitiva abbia ragione, non è dato ancora stabilirlo, personalmente, posso però affermare che al momento ai punti le tesi di Dennett siano leggermente in vantaggio, anche perché al momento, nonostante siano trascorsi diversi anni, piuttosto che concentrarsi sull'emulare l'essere umano, potrebbe essere preferibile concentrarsi sul simularlo, in maniera da poter ottenere piuttosto una rappresentazione, che seppure risulti approssimativa o modellistica, potrebbe essere utilizzata per fini di studio o analisi dei processi che lo muovono e che lo portano, ad esempio, a prendere decisioni.

¹⁷² Cit. D. Dennett, D Hofstadter, *op. cit.*, 1992, p. 363.

¹⁷³ Cit. D. Dennett, *The milk of human intentionality*, in 'Behavioral and Brain Sciences', Cambridge University Press, vol. 3, n. 3, 1980, p. 428; tradotta da me come: "*pompa di intuizione, un dispositivo per provocare una famiglia di intuizioni producendo variazioni su un esperimento mentale di base. Una pompa di intuizione non è, in genere, un motore di scoperta, ma uno strumento di persuasione o pedagogico, un modo per convincere le persone a vedere le cose a modo vostro dopo aver visto la verità*".

¹⁷⁴ Cfr. F. Bianchini, *Le trasformazioni del test di Turing da Cartesio a Leibniz*, in F. Bianchini, S. Franchi, M. Matteuzzi, (a cura di) *op. cit.*, 2007, pp. 219 – 228.

5. *Il ruolo degli agenti nella risoluzione di problemi specifici attraverso l'utilizzo dell'intelligenza artificiale*

Riprendendo il discorso sugli ultimi sviluppi dell'intelligenza artificiale, a partire dagli anni Novanta sino al contemporaneo, grazie ai successi ottenuti nella risoluzione di problemi specifici iniziano a fare capolino sulla scena tecnologica i primi agenti razionali.

Per agente deve intendersi “*qualsiasi cosa possa essere vista come un sistema che percepisce il suo ambiente attraverso dei sensori e agisce su di esso mediante attuatori*”¹⁷⁵. Il concetto di percezione è riferito agli input percettivi in un determinato istante da parte dell'agente. La successione di tali input, nota come sequenza percettiva, costituisce l'interezza delle esperienze che un agente ha accumulato nel corso della sua esistenza. In generale, le scelte di azione di un agente in un istante qualsiasi possono derivare dall'intera sequenza percettiva osservata fino a quel momento. Dunque, rappresentando l'azione scelta dall'agente per ogni possibile sequenza percettiva, si completa la descrizione dell'agente in maniera esaustiva. Infatti, attraverso l'utilizzo di termini formali, il comportamento di un agente è formulato attraverso la cosiddetta funzione agente, andando così a delineare la corrispondenza tra una sequenza percettiva qualsiasi ed una specifica azione. Quindi, un agente razionale può essere precisamente definito come un agente che intraprende le azioni appropriate. Quando un agente è inserito in un ambiente, la sua sequenza di azioni è generata in base alle percezioni ricevute. Questa concatenazione di azioni determina una sequenza di stati attraversati dall'ambiente. La desiderabilità di questa sequenza di stati sottende la valutazione del comportamento adeguato da parte dell'agente. Tale concetto di desiderabilità è catturato da una misura di prestazione che giudica la successione degli stati ambientali. La valutazione

¹⁷⁵ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 43. Cfr. C. Cevenini, *Agenti software e sistemi multi-agente: profili tecnico-giuridici*, in M. Durante, U. Pagallo, *Manuale di informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie*, UTET giuridica, 2012, pp. 117 – 139; A. Santosuosso, *Intelligenza artificiale e diritto*, Mondadori Education, 2020, pp. 206 – 209; G. Sartor, *op. cit.*, 2016, pp. 293 – 300. Il prosieguo del testo fa fede alla visione di Russell e Norvig.

dell'efficacia dell'agente richiede la considerazione degli stati ambientali poiché questi, basandosi sulla sua stessa performance, potrebbe ingannarsi nel credere che la propria prestazione risulti impeccabile. Ovviamente, non esiste una singola misura di prestazione universale adatta a tutti i compiti ed a tutti gli agenti; è piuttosto il programmatore che elabora una misura di prestazione appropriata in base alle circostanze. Volendo precisare meglio questa caratteristica, ovvero la razionalità, si possono individuare quattro fattori influenzanti: la misura di prestazione che definisce il criterio di successo, la conoscenza pregressa dell'ambiente posseduta dall'agente, le azioni disponibili all'agente e la sequenza percettiva che l'agente ha accumulato fino al momento corrente.

Sulla base di queste premesse, per Norvig e Russell, emerge la definizione di un agente razionale: *“per ogni possibile sequenza di percezioni, un agente razionale dovrebbe scegliere un'azione che massimizzi il valore atteso della sua misura di prestazione, date le informazioni forniti dalla sequenza percettiva e da ogni ulteriore conoscenza dell'agente”*¹⁷⁶. Inoltre, gli autori distinguono nettamente la razionalità dall'onniscienza, ovvero quella condizione per cui l'agente sarà sciente del risultato effettivo delle sue azioni, situazione che nella realtà, a causa dei cosiddetti imprevisti, è impossibile. Per questo motivo è impossibile aspettarsi anche da un agente la perfezione totale, poiché quello che è il risultato atteso potrà esclusivamente essere massimizzato, a meno che non si possa essere dotati di un occhio sul futuro.

La massimizzazione dei risultati attesi da parte di un agente razionale è ottenibile grazie all'apprendimento, in base al quale potrà essere modificata la configurazione iniziale, sfruttando l'esperienza. Se l'agente dovesse basarsi esclusivamente sulla conoscenza pregressa programmata, mancherebbe di autonomia e sarebbe fallace qualora avesse conoscenze parziali o addirittura erranee; solo quando l'agente ha acquisito una maturità esperienziale dell'ambiente circostante, indipendenza, la sua condotta può

¹⁷⁶ Cit. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, p. 46.

giungere a manifestare una completa autonomia rispetto alle informazioni preesistenti.

Prima di continuare ad affrontare il tema dell'apprendimento, è necessario soffermarsi brevemente sugli ambienti, data la loro importanza fondamentale per gli agenti. Gli ambienti rappresentano i problemi che gli agenti devono risolvere; è infatti necessario precisare la specifica di un *task environment*, o ambiente operativo, nel quale vengono definiti tutta una serie di parametri tra cui la misura di prestazione, l'ambiente esterno, gli attuatori ed i sensori.

Nella progettazione di un agente il primo passo deve sempre consistere nella specifica più dettagliata possibile dell'ambiente operativo. In base alle loro proprietà poi gli ambienti operativi possono essere classificati sulla base di diversi parametri. Una volta individuato l'ambiente operativo, un agente deve essere dotato di un programma agente in cui è implementata la cosiddetta funzione agente, oltre ad una parte fisica, consistente in un qualsiasi computer dotato di sensori fisici ed attuatori, che ne determineranno l'architettura. Anche i programmi agente possono essere schematizzati in base al tipo di informazione esplicitata ed utilizzata durante il loro processo decisionale; vanno considerati, in particolare, efficienza, compattezza e flessibilità, tenendo sempre presente la natura dell'ambiente.

Introdotti questi concetti, è ora il momento di concentrarsi su un argomento a cui si è già accennato in precedenza e che rappresenta il cardine dell'apprendimento, risultato dell'intera storia dell'intelligenza artificiale. In questo campo lo sviluppo dei sistemi di apprendimento prende il nome di *machine learning*, o apprendimento automatico. Questo rappresenta uno degli ultimi sviluppi dell'intera materia, favorito anche dalla vasta quantità di dati informatici disponibili oggi.

Attraverso questa tecnica si fa in modo che gli agenti possano ricevere, attraverso gli algoritmi, per l'appunto definiti algoritmi di *machine learning*, molte informazioni dagli ambienti. Infatti, il *machine learning* si concentra sulla formulazione, l'analisi e l'implementazione di algoritmi e modelli computazionali in grado di estrarre pattern e conoscenza dai dati,

consentendo ai sistemi di migliorare le proprie performance attraverso esperienze acquisite; battistrada di questo approccio è rappresentato dalle ricerche sulle reti neurali artificiali le quali rappresentano un punto di riferimento tra i metodi per implementare questa tecnica. A differenza degli altri metodi convenzionali di programmazione, in cui le istruzioni vengono codificate in maniera esplicita, il *machine learning* adotta un approccio più flessibile, in cui i modelli sono addestrati su dati e, successivamente, applicati per fare previsioni o prendere decisioni su dati inediti. Il cuore dell'architettura degli algoritmi di *machine learning* risiede nell'abilità di generalizzare da esempi specifici. In particolare, l'analisi dei dati permette di identificare regolarità nascoste, consentendo ai modelli di formulare ipotesi e di adattarsi alle variazioni nell'ambiente di riferimento. Questa generalizzazione è fondamentale per affrontare situazioni nuove e sconosciute, in cui il sistema deve applicare il suo apprendimento pregresso per trarre conclusioni adeguate.

Ad oggi, i campi di applicazione del *machine learning* sono estremamente vasti e comprendono, ad esempio, l'elaborazione del linguaggio naturale, la visione artificiale, la robotica avanzata, l'analisi finanziaria, la medicina computazionale e molteplici altre aree. La sua crescente rilevanza è dovuta alla sua capacità di affrontare sfide complesse e non lineari, spesso legate all'analisi di grandi moli di dati multidimensionali. Tali dati, noti come 'big data'¹⁷⁷, rappresentano un

¹⁷⁷ L'agenzia governativa National Science Foundation (NSF), in un report del 2012, definisce i *big data* come "insiemi di dati ampi, diversificati, complessi, longitudinali e/o distribuiti generati da strumenti, sensori, transazioni Internet, e-mail, video, clic e/o tutte le altre fonti digitali disponibili oggi e in futuro". In un aggiornamento del 2014, i *big data* vengono, invece, brevemente definiti come "dati che sfidano i metodi esistenti a causa delle dimensioni, della complessità o della velocità di disponibilità". Nella versione 2016, i *big data* sono descritti dettagliatamente come un fenomeno "emerso a seguito della disponibilità di grandi quantità di dati in un'ampia gamma di domini applicativi della scienza, dell'economia e della PA. Oggi scienziati, ingegneri, educatori, cittadini e legislatori hanno a disposizione quantità e tipi di dati senza precedenti. I dati possono provenire da molte fonti diverse, strumenti scientifici, dispositivi medici, telescopi, microscopi e satelliti; supporti digitali, tra cui testi, immagini, audio ed e-mail; dati in streaming provenienti da weblog, video e transazioni finanziarie/commerciali; applicazioni di rilevamento e controllo ubiquitarie in sistemi ingegneristici e naturali, attraverso una moltitudine di sensori e controllori eterogenei che strumentano tali sistemi; dati sociali interattivi provenienti da siti di social network, feed di Twitter e flussi di clic; dati amministrativi; o dati scientifici provenienti da indagini su larga scala, ricerche sul cervello, simulazioni su larga scala, modelli di simulazione continua e analisi computazionali di dati osservativi. I dati possono essere

serbatoio inesauribile di informazioni che richiedono approcci di trattamento ed analisi altamente sofisticati per estrarne valore ed *insight*¹⁷⁸.

Una differenza fondamentale riguardo gli algoritmi di *machine learning*, riguarda come questi sono addestrati. Possiamo infatti avere algoritmi di *machine learning* supervisionato i quali costituiscono una delle categorie più ampiamente utilizzate all'interno del campo dell'apprendimento automatico. In questo modello, un esperto, agendo come guida, istruisce l'algoritmo fornendo esempi di dati accompagnati dai risultati attesi. Questo approccio è analogo al processo di apprendimento di un bambino che identifica oggetti tramite un libro illustrato, poiché l'algoritmo acquisisce conoscenza da un insieme di dati precedentemente annotati, in cui è noto l'output corrispondente.

D'altra parte, il *machine learning* non supervisionato applica un approccio più indipendente. In questo contesto, il sistema apprende da dati privi di etichette, senza che sia fornita un'indicazione esplicita sul risultato desiderato. È simile ad un bambino che, senza l'assistenza di un insegnante, apprende a riconoscere gli oggetti, osservandone le caratteristiche visive e strutturali. L'algoritmo di *machine learning* non supervisionato esplora i

temporali, spaziali o dinamici; strutturati o non strutturati; e le informazioni e le conoscenze derivate dai dati possono differire in termini di rappresentazione, complessità, granularità, contesto, qualità, provenienza, affidabilità, attendibilità ed ambito.” Infine, nel 2017, la NSF, istituendo un vero e proprio programma di ricerca sui *big data*, li presenta come dati che “possono essere temporali, spaziali o dinamici, strutturati o non strutturati e, soprattutto se provenienti da fonti diverse, possono differire per rappresentazione, complessità, granularità, contesto, qualità, provenienza, affidabilità, attendibilità e portata; dati provenienti da una moltitudine di fonti”. Cfr. https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf12499; Inoltre per una bibliografia del fenomeno, utilizzata anche nel prosieguo del lavoro, cfr. V. Mayer-Schönberger, Kenneth Cukier, *Big data. Una rivoluzione che trasformerà il nostro modo di vivere – e già minaccia la nostra libertà*, Garzanti, 2013, pp. 306; M. Palmirani, *Big Data e conoscenza*, in ‘Rivista di filosofia del diritto, Journal of Legal Philosophy’, n. 1, 2020, pp. 73 – 92; M. Palmirani, S. Sapienza, *Big Data, Explanations and Knowability*, in ‘Ragion pratica, Rivista semestrale’, n. 2, 2021, pp. 349 – 364; A. Rezzani, *Big data. Architettura, tecnologie e metodi per l'utilizzo di grandi basi di dati*, Apogeo Education - Maggioli Editore, 2013, pp. 320; T. Tani, *L'incidenza dei big data e del machine learning sui principi alla base del Regolamento Europeo per la tutela dei dati personali (2016/679/UE) e proposte per una nuova normativa in tema di privacy*, in S. Bonavita (a cura di), *Società delle tecnologie esponenziali e General Data Protection Regulation: Profili critici nella protezione dei dati*, Ledizioni, 2018, pp. 38 – 39; H. Varian, *Beyond big data*, in ‘Business Economics’, vol. 49, n. 1, 2014, pp. 27 – 31; V. Zeno-Zencovich, *Big data e epistemologia giuridica*, in S. Faro, T. E. Frosini, G. Peruginelli, (a cura di) *Dati e algoritmi. Diritto e diritti nella società digitale*, il Mulino, 2020, pp. 13 – 24.

¹⁷⁸ voce *insight*, in ‘Enciclopedia on-line Treccani’, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/insight/>.

dati alla ricerca di somiglianze intrinseche, organizzandoli in gruppi coerenti noti come ‘*cluster*’, tale forma di apprendimento è anche chiamato con il nome di *deep learning*¹⁷⁹. In particolare, gli algoritmi di *deep machine learning* utilizzano reti neurali artificiali a molti strati nascosti e con migliaia di neuroni.

L’Università della California, Berkeley, ha sviluppato un *framework* che suddivide il processo di apprendimento di un algoritmo di machine learning in tre componenti fondamentali. Innanzitutto, vi è il processo decisionale, che costituisce la fase iniziale dell’iter di apprendimento. Gli algoritmi di *machine learning* sono comunemente impiegati per effettuare previsioni o classificazioni. Basandosi su dati di input, che possono essere sia etichettati che non etichettati, l’algoritmo genera una stima che si allinea con un modello all’interno dei dati. In seguito, troviamo la funzione di errore, la quale assume il ruolo di valutare le previsioni prodotte dal modello. Quando si dispongono di esempi noti, questa funzione compie un confronto al fine di valutare l’accuratezza del modello rispetto ai dati di riferimento. Attraverso questa valutazione, è possibile misurare quanto bene il modello riesce a generalizzare le relazioni presenti nei dati. Infine, si giunge al processo di ottimizzazione del modello, una fase cruciale per perfezionare le prestazioni dell’algoritmo. Nel caso in cui il modello possa essere adattato in maniera più precisa ai dati di addestramento, si procede con la regolazione dei pesi. Tale regolazione mira a ridurre la discrepanza tra le previsioni del modello e gli esempi noti. L’algoritmo segue iterativamente un ciclo di valutazione ed ottimizzazione, aggiornando autonomamente i pesi associati fino al raggiungimento di una soglia di accuratezza stabilita¹⁸⁰. L’apprendimento automatico rappresenta dunque una delle ultime frontiere dello sviluppo dell’intelligenza artificiale.

¹⁷⁹ Cfr. X. W. Chen, X. Lin, *Big Data Deep Learning: Challenges and Perspectives*, in ‘IEEE Access’, vol. 2, 2014, pp. 514 – 525; Y. LeCun, Y. Bengio, G. Hinton, *Deep learning*, in ‘Nature’, n. 521, 2015, pp. 436 – 444.

¹⁸⁰ Cfr. datascience@berkeley, the online Master of Information and Data Science from UC Berkeley in <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>; Per un approfondimento ulteriore su questi argomenti cfr. E. Alpaydin, *Introduction to Machine Learning*, The MIT Press, 2020, pp. 1 – 16; J. Kaplan, *Op. cit.*, 2017, pp. 56 – 72; F. Lagioia, G. Sartor, *L’intelligenza artificiale per i diritti dei cittadini: il progetto Claudette*, in ‘Ragion pratica’,

A questo punto, ritengo utile descrivere nuovamente cosa sia una rete neurale e come questa sia modellata, approfondendone determinati aspetti strutturali, non trattati precedentemente, così come sono ben descritti da Cosimo Accoto, ricercatore alla MIT, in modo da definire nel miglior modo possibile come funzioni tale tecnologia, onde evitare approssimazioni semantiche: *“Una rete neurale artificiale visivamente viene rappresentata di solito come un grafo orientato con nodi e archi matematicamente pesati tra nodi. Ogni nodo della rete è al contempo: a) uno snodo di trasmissione dell’informazione, e cioè un veicolo del flusso di comunicazione, e b) uno snodo di computazione dell’informazione, e cioè un’unità di calcolo decisionale. Ricostruendo l’anatomia astratta di una rete neurale artificiale, possiamo individuarla come un dispositivo macchinico-cognitivo formato da quattro dimensioni tecno-logiche di base: 1) un processo di scansione dei dati digitalizzati della realtà analogica in input; 2) un congegno-nodo che funziona da operatore o porta logica decisionale; 3) un meccanismo di retroazione o feedback loop che controlla e aggiusta, via pesi, l’informazione verso l’output e 4) una struttura a rete che, ispirandosi alla configurazione delle connessioni di neuroni e sinapsi cerebrali, mobilita il flusso gerarchico del grafo delle probabilità organizzate per layer successivi nascosti. Analizzando più in profondità la capacità computazionale del neurone visto come singola unità di calcolo (logic gate), questo prende in input i diversi ingressi-valori (dei pixel di un’immagine per esempio) e produce come output l’attivazione del neurone stesso. Più precisamente, il nodo riceve in ingresso una quantità numerica che è la somma pesata di diversi input al fine di calcolare la sua attivazione (o meno) in relazione a una certa soglia (di eccitazione). Se la soglia non viene superata, il neurone naturalmente rimarrà inattivo, se viene oltrepassata si attiva. Funzione e soglia di attivazione sono centrali, in quanto legate alla scelta dei pesi per eccitare o inibire il neurone. Per*

n 1, 2020, pp. 90 – 94; A. Testolin, M. Zorzi, *L’approccio moderno all’intelligenza artificiale e la rivoluzione del deep learning*, in ‘Giornale italiano di psicologia’, n. 2, 2021, pp. 313 – 334; I. Witten, E. Frank, M. Hall, *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Elsevier, 2011, pp. 3 – 9.

questo si dice che la rete viene «addestrata» proprio attraverso un'operazione di aggiustamento dei pesi. E, in effetti, a voler ben guardare quando si dice learning nel campo del machine e deep learning è proprio questo trovare in automatico il giusto incrocio di pesi.

Per questa operazione di addestramento vengono impiegate tre metodologie differenti: l'apprendimento supervisionato (supervised learning), quello non supervisionato (unsupervised learning) e quello a rinforzo o rinforzato (reinforcement learning). Nel primo si utilizza un insieme di esempi (training set) e i pesi servono a minimizzare le differenze tra il calcolo ottenuto di volta in volta e il risultato atteso. Nell'apprendimento non supervisionato i pesi vengono aggiustati in modo autonomo senza alcun riferimento all'output desiderato. Nell'apprendimento rinforzato si impiega un meccanismo di premio informativo in relazione a determinate azioni e decisioni prese dal nodo, che indirizzano la rete verso il risultato atteso.

Fondamentalmente ci sono due tipi di reti neurali artificiali. Il primo tipo è quello delle reti a feedforward, cioè quelle in cui l'informazione fluisce in maniera lineare e in una direzione univoca dai primi nodi e dal layer di input, attraverso i livelli intermedi nascosti, verso i neuroni di output. Tra queste, le reti che hanno in ingresso input particolari come le immagini prendono il nome di reti convoluzionali o convolutive (convolutional neural network o CNN); partendo da una struttura dati particolare, per esempio un'immagine, una rete convolutiva analizza i singoli pixel (trasformati in valori quantitativi) dopo aver diviso progressivamente l'intera foto in aree limitate di piccoli quadrati o matrici (immagiamole come piccole scacchiere mobili); partendo da un pixel iniziale in centro alla scacchiera si procede per matrici o piccole aree di pixel a calcolare e confrontare il suo valore con i valori dei pixel confinanti: l'operazione viene ripetuta spostando via via le piccole matrici sull'immagine e arrivando così a filtrare matematicamente e automaticamente l'informazione rilevante. Si risale così progressivamente

dall'individuazione degli angoli di un oggetto, poi dei suoi contorni, poi del perimetro, poi dell'oggetto intero presente nella foto.

Il secondo tipo di reti è rappresentato dalle recurrent neural network (reti ricorrenti o ricorsive) in cui le connessioni neuronali, oltre a far fluire l'informazione verso i livelli successivi, formano anche una ciclicità interna al singolo livello e al nodo, determinando uno stato interno allo stesso e quindi una sorta di cella di «memoria» nodale. Ogni step contiene cioè un input ma anche l'output dello step precedente e, come tale, consente alla rete di conservare l'informazione sulla storia passata delle sequenze e la posizione reciproca. Questo è rilevante perché, per esempio, nell'analizzare con una rete neurale artificiale una frase del linguaggio naturale non basta poter riconoscere e classificare le singole parole (cosa che una rete neurale artificiale è in grado già di fare), ma la sequenza con cui appaiono è rilevante e il nodo deve poterne conservare memoria. Le reti long-short term memory (o LSTM, inventate nel 1997) sono l'esempio più rilevante di questo tipo di reti ricorrenti o, per semplificare, memorizzanti. I loro nodi possiedono funzioni di «memorizzazione» e, viceversa, di dimenticanza (input gate/forget gate) in grado di controllare quale quota di informazione dell'input pesato in ingresso e dello stato pesato pregresso mantenere o dismettere. Dobbiamo solo aggiungere, infine, che il meccanismo di eccitazione del neurone (per funzione e soglia) impiega tecniche matematiche di attivazione quali la sigmoide o la tangente iperbolica particolarmente efficienti rispetto al processo di retro-propagazione (back propagation). Per addestrare le reti neurali a riconoscere i pattern si impiegano infatti algoritmi di retro-propagazione dell'errore: semplificando, nella sostanza, i pesi delle connessioni tra i nodi vengono aggiustati una volta che si conosce l'errore (cioè lo scarto tra i valori attesi e quelli effettivi) e lo si retro-propaga. In questo modo i pesi originari delle connessioni vengono iterativamente aggiustati (con un movimento duplice di forward propagation andando in avanti per calcolare e di back propagation tornando indietro per correggere) in maniera automatica in modo da minimizzare la differenza tra l'esito attuale e l'esito desiderato. In

particolare, è il gradiente discendente (*gradient descent*) l'algoritmo di ottimizzazione spesso usato nel calcolo della retro-propagazione.

Quando si parla di «nodi neuronali» occorre chiarire che non si tratta di oggetti o dispositivi materiali: i nodi esistono solo come valori quantitativi imputati dentro una matrice matematica di righe e colonne. Graficamente possiamo immaginarle quindi come reti di nodi interconnessi, ma matematicamente le sue componenti sono matrici vettoriali specificate in: numero di livelli, ampiezza dell'input, numero di neuroni nel livello nascosto, numero di neuroni nel livello di output, valori iniziali dei pesi e valori iniziali delle deviazioni. Se ora allineiamo la definizione di *deep learning* e delle reti neuronali artificiali possiamo dire che: «Il processo di apprendimento (*learning*) nei neuroni artificiali è semplicemente la modificazione e l'aggiornamento dei pesi (*weights*) e delle deviazioni (*biases*) nel corso dell'addestramento (*training*) della rete neurale attraverso la retro-propagazione (*back propagation*)»¹⁸¹.

6. L'odierno stato dell'arte. Prime riflessioni

Al giorno d'oggi, le tecnologie prodotte dall'intelligenza artificiale si sono radicate nella vita quotidiana, assumendo un ruolo centrale nella società. Questo cambiamento è stato guidato da diverse forze trainanti, che hanno permesso di raggiungere elevati standard in termini di prestazioni computazionali, oltre che da un'elevata quantità di dati disponibili, grazie alle reti Internet. Il salto qualitativo della tecnologia *hardware* ha permesso di migliorare le prestazioni degli algoritmi di elaborazione delle informazioni, oltre al permettere l'emergere di nuove piattaforme e mercati per prodotti basati sui dati, insieme agli incentivi economici per l'esplorazione di nuovi prodotti e mercati, ha contribuito all'ascesa di queste tecnologie basate sugli studi di intelligenza artificiale.

¹⁸¹ Cit. C. Accoto, *Il mondo ex machina*, Egea, 2019, pp. 21 – 25. Cfr. F. Romeo, *Il diritto artificiale*, Giappichelli, 2022, pp. 33 – 46.

Russell e Norvig propongono un elenco dello stato dell'arte odierno dell'intelligenza artificiale ed, in particolare, evidenziano i seguenti applicativi che maggiormente sono e dovranno essere oggetto di attenzione particolare¹⁸²: veicoli robotizzati, riconoscimento vocale, pianificazione e scheduling autonomi, giochi, contrasto dello spam, pianificazione logistica, robotica, traduzione automatica¹⁸³.

Un ulteriore campo cui è necessario focalizzarsi, nel vasto campo degli odierni sviluppi dei sistemi di intelligenza artificiale, riguarda la cosiddetta intelligenza artificiale generativa. È possibile, nel definire questa branca, affermare che è un tipo di sistema di intelligenza artificiale in grado di generare nuovi contenuti quali testi, immagini, video, musica o altri media in risposta a richieste, anche generiche, espresse in linguaggio naturale da parte di un utente, addestrando la rete sottostante, la quale sfrutta tecniche di *machine learning*, alla cosiddetta linguistica computazionale¹⁸⁴. La grande problematica che sollevano questo tipo di sistemi di intelligenza artificiale riguarda come effettivamente i contenuti generati da questi effettivamente possano apparire come se fossero generati da un essere umano, creando così confusione in quest'ultimo. Un esempio è rappresentato dall'applicativo ChatGPT dell'azienda statunitense 'openAI'¹⁸⁵. Questo è, per l'appunto, un modello di linguaggio di grandi dimensioni che utilizza l'apprendimento automatico per comprendere e generare il linguaggio naturale¹⁸⁶, con l'obiettivo principale di comprendere

¹⁸² Alcuni applicativi non trattati in questa sede, saranno approfonditi nel prossimo capitolo con le relative problematiche giuridiche.

¹⁸³ Cfr. S. Russell e P. Norvig, *op. cit.*, 2010, pp. 36 – 38. Ulteriore approfondimento si può avere anche dal report a cura del centro AI 100 dell'Università di Stanford; cfr. P. Stone, R. Brooks, E. Brynjolfsson, et al., *Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel*, Stanford University, 2016, in <http://ai100.stanford.edu/2016-report>.

¹⁸⁴ Cfr. I. Chiari, *Introduzione alla linguistica computazionale*, Editori Laterza, 2007, pp. 190; T. Taulli, *Generative AI*, Apres, 2023, pp. 3 – 4.

¹⁸⁵ Cfr. ChatGPT è un modello di linguaggio sviluppato da OpenAI, basato sull'architettura GPT (*Generative Pre-trained Transformer*). È progettato per comprendere e generare testo in modo naturale. ChatGPT viene utilizzato in una varietà di applicazioni, tra cui assistenti virtuali, chatbot e strumenti di generazione di testo. Si veda <https://openai.com>

¹⁸⁶ Sempre più spesso si vanno ad indentificare con i chat bot; questi ultimi in realtà sono software progettato per simulare una conversazione con un essere umano, così come ELIZA, il programma scritto nel 1966 dall'informatico tedesco Weizenbaum. Cfr. C. Bassett, *The computational*

e rispondere alle domande in modo coerente ed informato. Tuttavia, questo applicativo non è dotato di consapevolezza o di intelligenza in generale alla stregua di un essere umano, visto che le sue capacità di conversazione si basano su modelli di linguaggio statistici e sull'analisi testuale. Dopo un lungo processo di addestramento su un vasto corpus di dati, è in grado di elaborare il linguaggio naturale e generare testo coerente; insomma, il suo funzionamento si limita a determinare in modo statistico quale frase, sequenza di parole, abbia la maggiore probabilità di costituire una continuazione logica della frase precedente.

Dunque, per quanto possa apparentemente avvicinarsi al concetto di intelligenza artificiale generale (AGI)¹⁸⁷, assimilabile al concetto di intelligenza artificiale forte anziché al pensiero umano nella sua totalità, non ci si trova ancora davanti ad uno strumento capace di replicare quella che viene ritenuta essere l'intelligenza umana, anche se in grado di rappresentare e simulare sicuramente molte delle abilità umane.

È interessante osservare come l'argomento di una AGI sia affrontata dal già citato Copeland, il quale pur non ritenendo impossibile il raggiungimento di un siffatto risultato, ritiene questo obiettivo comunque difficile da raggiungere. Ponendosi poi la classica domanda se sia legittimo attribuire ai sistemi di intelligenza artificiale la capacità di pensare, utilizza un argomento di Chomsky per fornire una risposta. Noam Chomsky ha posto l'accento sulla natura intrinsecamente arbitraria del dibattito relativo all'intelligenza artificiale, evidenziando la centralità della definizione del termine *'think'* nell'ambito delle macchine. Secondo il celebre linguista, questa definizione costituisce una decisione fondamentale di natura linguistica piuttosto che scientifica. Tale decisione, che riguarda l'assegnazione di capacità cognitive alle macchine, non può essere valutata

therapeutic: exploring Weizenbaum's ELIZA as a history of the present, in 'AI & Society', n. 34, 2019, pp 803 – 812.

¹⁸⁷ Il termine è stato utilizzato per la prima volta dall'informatico Ben Goertzel, su suggerimento di Shane Legg, , in cui teorizza su questo tipo di intelligenza artificiale, così come riportato sul suo blog all'indirizzo <https://goertzel.org/who-coined-the-term-agi/>. Cfr. B. Goertzel, C. Pennachin, *Artificial General Intelligence*, Springer, 2007, pp. 509; B. Goertzel, *Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects*, in 'Journal of Artificial General Intelligence', Sciendo, n. 5, 2014, pp. 1 – 48; ID., *The General Theory of General Intelligence: A Pragmatic Patternist Perspective*, 2021, in <https://arxiv.org/abs/2103.15100>.

in termini di correttezza o errore, ma piuttosto come una convenzione linguistica. Egli ha utilizzato esempi quali la definizione degli aeroplani come mezzi che ‘volano’ e delle navi come mezzi che non ‘nuotano’ per sottolineare come queste definizioni siano dettate più dalle convenzioni linguistiche che dai criteri scientifici oggettivi. Pertanto, il confronto tra l’attribuzione di pensiero alle macchine ed altre decisioni linguistiche comuni suggerisce che la definizione di concetti come il *think* sia soggetta ad interpretazioni e convenzioni culturali. Per quanto questa conclusione sollevi questioni cruciali sul ruolo del linguaggio e delle sue convenzioni nel plasmare la nostra comprensione e definizione di fenomeni complessi come l’intelligenza artificiale, appare troppo semplicistica, per Copeland. Questi, infatti, si pone una diversa domanda, ovvero *“potrebbe mai essere appropriato dire che i computer pensano e, se sì, quali condizioni deve soddisfare un computer per essere così descritto?”*¹⁸⁸. Nel rispondere, viene presa in considerazione l’utilizzo del test di Turing per definire l’intelligenza, ma, fa notare l’autore britannico contemporaneo, come lo stesso superamento del test non sia attendibile come criterio per stabilire l’intelligenza; inoltre lo stesso concetto di intelligenza è un concetto di per sé sfuggente e sibillino: *“In realtà, l’intelligenza artificiale non ha una vera e propria definizione di intelligenza da offrire, nemmeno nel caso dei subumani. I ratti sono intelligenti, ma cosa deve raggiungere esattamente un’intelligenza artificiale prima che i ricercatori possano affermare che ha raggiunto il livello di successo dei ratti? In assenza di un criterio ragionevolmente preciso per stabilire quando un sistema artificiale è considerato intelligente, non c’è un modo oggettivo per dire se un programma di ricerca sull’IA è riuscito o fallito. Un risultato dell’incapacità dell’IA di produrre un criterio soddisfacente di intelligenza è che, ogni volta che i ricercatori raggiungono uno degli obiettivi dell’IA - per esempio, un programma in grado di riassumere articoli di giornale o di battere il campione mondiale di scacchi - i critici possono dire: “Questa non è intelligenza!”. La risposta di Marvin Minsky al problema di definire*

¹⁸⁸ Testo originale è *“Could it ever be appropriate to say that computers think and, if so, what conditions must a computer satisfy in order to be so described?”*. Cit. B. J. Copeland, *op. cit.*, 2023.

*l'intelligenza consiste nel sostenere, come Turing prima di lui, che l'intelligenza è semplicemente il nostro nome per qualsiasi processo mentale di risoluzione dei problemi che ancora non comprendiamo. Minsky paragona l'intelligenza al concetto di "regioni inesplorate dell'Africa": scomparire non appena la scopriamo".*¹⁸⁹

Alla luce di quanto appena esposto, sembrerebbe che parlare di intelligenza artificiale, in quanto tale, equivarrebbe a discutere del sesso degli angeli, in particolar modo se ci si riferisce alla AGI, la quale da sempre ha affascinato l'essere umano al di là degli aspetti fantascientifici. Una soluzione hanno provato a darla i ricercatori Shane Legg e Marcus Hutter i quali hanno provato a fornire una soluzione stilando un elenco di tutti i significati attribuibili al concetto di intelligenza, utilizzando quelli da ricercatori di IA, psicologi e dalle principali enciclopedie e dizionari anglofoni¹⁹⁰. I due individuano le caratteristiche più comuni di questi significati, arrivando, dunque, a definire l'intelligenza come *"la capacità di un agente di raggiungere gli obiettivi in un'ampia gamma di ambienti. Caratteristiche come la capacità di apprendere e adattarsi, o di comprendere, sono implicite nella definizione di cui sopra, poiché queste capacità consentono a un agente di avere successo in un'ampia gamma di ambienti."*¹⁹¹

¹⁸⁹ Testo originale, *Ibidem*: "In fact, AI has no real definition of intelligence to offer, not even in the subhuman case. Rats are intelligent, but what exactly must an artificial intelligence achieve before researchers can claim that it has reached rats' level of success? In the absence of a reasonably precise criterion for when an artificial system counts as intelligent, there is no objective way of telling whether an AI research program has succeeded or failed. One result of AI's failure to produce a satisfactory criterion of intelligence is that, whenever researchers achieve one of AI's goals - for example, a program that can summarize newspaper articles or beat the world chess champion - critics are able to say, "That's not intelligence!" Marvin Minsky's response to the problem of defining intelligence is to maintain - like Turing before him - that intelligence is simply our name for any problem-solving mental process that we do not yet understand. Minsky likens intelligence to the concept of "unexplored regions of Africa": it disappears as soon as we discover it."

¹⁹⁰ Cfr. S. Legg, M. Hutter, *A Collection of Definitions of Intelligence*, in B. Goertzel, W. Pei, (a cura di), *Proceedings of the 2007 conference on Advances in Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms: Proceedings of the AGI Workshop 2006*, IOS Press, 2007, pp. 17 – 24.

¹⁹¹ Cit. originale *"Intelligence measures an agent's ability to achieve goals in a wide range of environments. Features such as the ability to learn and adapt, or to understand, are implicit in the above definition as these capacities enable an agent to succeed in a wide range of environments"*, S. Legg, M. Hutter, *op. cit.*, 2007, p. 24. Cfr. S. Legg, M. Hutter, *A formal measure of machine*

Considerare l'ampia gamma di ambienti come lo stesso ambiente in cui si muove l'essere umano, potrebbe effettivamente far sì che questa breve definizione possa rientrare nel concetto di intelligenza, così come già è stata definita all'inizio di questo scritto in riferimento all'intelligenza umana¹⁹². A ben vedere, il più grande problema di definizione dell'intelligenza è che parliamo di un fenomeno umano al quale ancora oggi non si è in grado di fornire un'esatta spiegazione in relazione allo stesso funzionamento del nostro cervello.

Qualora si volesse superare questa *impasse* sull'intelligenza, una soluzione, almeno in ambito accademico, potrebbe essere quella di adottare una nomenclatura diversa, per quanto meno evocativa, della locuzione, o slogan dir si voglia, intelligenza artificiale allorquando ci si riferisca non tanto alla materia nella sua interezza bensì alle soluzioni finali prodotte; a tal fine, infatti, è sarebbe preferibile riferirsi a questi sistemi come sistemi cognitivi artificiali, ovvero *“Possiamo chiamare sistema cognitivo artificiale un sistema artificiale, che interagisce con l'ambiente circostante, scambiando informazioni e costruendosi una base di conoscenza tali da permettergli in interazione con le informazioni che ne impostano, predispongono o determinano l'azione, di determinare autonomamente la propria azione in risposta alla cognizione dell'ambiente che lo circonda”*¹⁹³.

Inoltre, come lo stesso Turing, dai più riconosciuto come il padre di questa scienza, ha affermato, soffermarsi sul concetto di intelligenza potrebbe essere fuorviante, così come cercare di attribuire a questi sistemi concetti quali quello del libero arbitrio o della coscienza, propri dell'essere umano, senza dimenticare che nella stessa proposta del *Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence* si parla di simulazione e non di emulazione delle abilità umane. Ipotizzare un mero meccanicismo all'essere umano, tale da equiparare un sistema cognitivo artificiale a questi, è senza

intelligence, in A. Nowe, T. Lenaerts, K. Steenhaut, *Proceedings 15th Annual Machine Learning Conference of Belgium and The Netherlands*, Benelearn, 2006, pp. 73 – 80.

¹⁹² Cfr. nota 10.

¹⁹³ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2012, p. 64.

d'ombra di dubbio per chi scrive una mera questione di categorizzazione aprioristica; come affermato all'inizio, è necessario avere conoscenza piena di un qualcosa al fine di poter intervenire su questa. Purtroppo, gli studi neurologici, sapendo per certo che è da lì che partono tutte le azioni del nostro corpo, non hanno ancora una conoscenza efficiente e completa del cervello, motivo per il quale più che soffermarsi su teorie fantascientifiche o esclusivamente mosse dal voler generare profitti truffaldini, sarebbe opportuno soffermarsi e ricercare come inserire tali sistemi in un mondo abitato da miliardi di forme di vita, in modo che possano evitare impatti futuri devastanti. Cercare di comprendere questo fenomeno, che per dirlo alla Gödel, potrebbe rappresentare un sistema superiore al nostro, potrebbe avere solo l'effetto di distogliere l'attenzione da ciò che è maggiormente intaccato, ovvero sia le sfide squisitamente giuridiche, riguardanti i diritti emergenti da nuove situazioni sociali. All'interno di un mondo sociale, laddove i singoli individui decidono di raccogliersi in società attraverso lo strumento del diritto, almeno per gli Stati dove vige lo Stato di diritto, chiedersi se un sistema cognitivo artificiale sia sensiente o meno, rappresenta una tematica giuridica relativa, sebbene non sia di poco conto specialmente se si intende in relazione alla responsabilità da danno scaturito.

Quanto fin qui evidenziato, dunque, ha portato alla luce come questo concetto di intelligenza artificiale, del quale continuo ad utilizzare il termine *mainstream* per indicare l'intera disciplina, abbia visto le sue origini in un crescendo di scoperte scientifiche, tanto da accompagnare *in toto* l'uomo nel suo sviluppo storico. Questo concetto può essere talmente vasto tanto da richiedere necessariamente un approccio esclusivamente multidisciplinare. Partendo dagli studi scientifici, con la speranza di aver fornito una panoramica soddisfacente sul fenomeno, è d'obbligo chiedersi ora quali possano essere i suoi sviluppi nel mondo a causa delle implicazioni impattanti che possono generare questi sistemi cognitivi artificiali. Che poi ci si voglia chiedere se effettivamente sia possibile replicare il pensiero umano artificialmente, la risposta che fornisco è che, sicuramente, non è da escludere una tal direzione, sebbene i progressi attuali invitino più alla

prudenza ed alla necessità di bilanciare adeguatamente vantaggi e svantaggi di questa tecnologia. In fin dei conti, si dovrebbero trattare questi sistemi come sistemi ausiliari per l'essere umano, ovvero come meri strumenti attraverso cui riuscire a migliorare determinate condizioni dello stile di vita. Ad oggi, sembra che determinati sistemi cognitivi artificiali stiano riuscendo a raggiungere i risultati richiesti. Il replicare una AGI, per quanto possa ipoteticamente ridurre l'errore presente nei processi umani o efficientarli, può d'altro canto ridurre, come si vedrà in seguito, l'essere umano a mero soggetto passivo che finisce per subire il mondo da lui stesso creato, senza nemmeno riuscire più a reagire attraverso strumenti adeguati quali, ad esempio, il diritto. D'altronde, è nella storia umana dello sviluppo tecnologico che si verificano grandi cambiamenti, soprattutto quando intervengono tecnologie dirompenti. È importante, però, che non venga perso il punto di vista centrale, ovvero uno sviluppo sostenibile per l'essere umano e per il mondo nel quale viviamo, che può essere garantito, per l'appunto, dal diritto, al fine di riuscire a garantire quei diritti umani fondamentali per i soggetti coinvolti. Tutto ciò prevederà comunque la necessità di un nuovo modo di approcciare a concetti da rivoluzionare, il cui significato ontologico dovrà essere portato ad un livello diverso in funzione della conoscenza.

CAPITOLO III

Intelligenza artificiale fra scienze dure e scienze umane

1. *L'evoluzione dell'intelligenza artificiale. Un'introduzione.*

Come ho cercato di far emergere fino ad ora attraverso i capitoli precedenti, l'intelligenza artificiale costituisce sia una disciplina scientifica sia una serie di tecnologie computazionali che traggono ispirazione dai processi cognitivi umani, ma che operano, generalmente, in maniera notevolmente diversa. L'intelligenza artificiale si concentra, principalmente, sulla capacità di elaborare informazioni, apprendere dai dati, ragionare in modo logico e prendere decisioni, tutte funzioni tipiche del cervello umano. Nel corso degli ultimi sessant'anni, gli sviluppi tecnologici hanno fatto sì che questa disciplina producesse strumenti sempre più di uso comune, tali che gli stessi siano divenuti preponderanti nella vita quotidiana di ciascun essere umano e nel pianeta stesso, raggiungendo impressionanti ed indiscutibili successi. L'impatto raggiunto è sempre più concreto sulla vita delle persone, sulle istituzioni e sulla cultura, al punto da incidere talmente tanto sull'esistenza umana che, permeate, sono divenute invisibili¹⁹⁴. Tuttavia, è fondamentale porre l'accento sull'alto grado di specializzazione che la realizzazione di questi sistemi cognitivi artificiali pone in essere, onde evitare che possano essere dannosi. Sorgono, infatti, limitazioni sia etiche che tecnologiche, oltre che epistemologiche inerenti allo studio proprio dell'intelligenza umana ed artificiale. Ad esempio, in tema di tecniche di *deep machine learning* e del relativo apprendimento basato sui

¹⁹⁴ Mark Weiser, padre del computing ubiquo, afferma che le tecnologie più profonde sono quelle che scompaiono, assorbite dalla vita quotidiana fino a diventarne indistinguibili. Cfr. G. Bell, P. Dourish, *Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision*, in 'Personal and Ubiquitous Computing', n. 11, 2007, pp. 133 – 143; M. Weiser, *The Computer for the 21 St Century*, in 'Scientific America', vol. 265, n. 3, 1991, pp. 94 – 105.

big data, si può condividere la seguente opinione, ovvero che “*da un punto di vista dei limiti tecnologici, è stato dimostrato che minimi cambiamenti di pochi pixel in reti deep learning di riconoscimento degli oggetti possono far fallire questi sistemi. Eticamente, l’addestramento con grandi set di dati presi da sistemi di web, senza considerazione della qualità dei dati, possono implicitamente condurre alla generazione di bias negativi culturali, come con le dimostrazioni di decisioni «razziste» con uso di dati da internet. E da un punto di vista della nostra conoscenza dei sistemi cognitivi e intelligenti, il partire dall’addestramento forzato e ripetuto con milioni di esempi non è consistente con lo sviluppo dell’intelligenza nelle persone (e questo può spiegare i limiti tecnologici discussi sopra)*”¹⁹⁵.

In particolare, quando si parla di bias cognitivi, si fa riferimento a distorsioni o pregiudizi presenti nell’essere umano, e nel ragionamento euristico, che trasmette ai dataset di apprendimento; così facendo, dunque, è possibile influenzare i risultati prodotti dagli algoritmi alla base dei sistemi prodotti nell’ambito dell’intelligenza artificiale, ottenendo il risultato di produrre output discriminatori o inaccurati, frutto di errate generalizzazioni¹⁹⁶.

Dunque, iniziano a palesarsi le prime problematiche da un punto di vista squisitamente giuridico su come poter tutelare gli individui e se il diritto ad una spiegazione algoritmica possa realmente rappresentare una soluzione. Accennando brevemente a questa tecnica, il diritto alla spiegazione algoritmica si riferisce alla richiesta di trasparenza riguardo ai

¹⁹⁵ Cit. A. Cangelosi, D. Parisi, *L’importanza di iniziare dai (robot) bambini*, in ‘Giornale italiano di psicologia’, n. 1, 2018, p. 89.

¹⁹⁶ Cfr. AA. VV., *Prejudice, bias & discrimination*, Salem Press, 2017, pp. 98; V. Berthet, V. de Gardelle, *The heuristics-and-biases inventory: An open-source tool to explore individual differences in rationality*, in ‘Frontiers in Psychology’, vol. 14, 2023, in doi: 10.3389/fpsyg.2023.1145246; L. Cannito, *Cosa sono i bias cognitivi?*, in ‘Economia comportamentale’, Laboratorio di Economia Comportamentale dell’Università di Chieti-Pescara, 2017, in <https://www.economicomportamentale.it/2017/07/27/cosa-sono-i-bias-cognitivi/>; A. Ceschi, A. Costantini, R. Sartori, J. Weller, A. Di Fabio, *Dimensions of decision-making: An evidence-based classification of heuristics and biases*, in ‘Personality and Individual Differences’, vol. 146, 2019, pp. 188 – 220; S. Dinotola, *Bias delle collezioni e data analysis: un modello per lo studio comparato delle raccolte LGBTQ+*, in ‘AIB Studi’, vol. 62, n. 1, 2022, pp. 73 – 103; T. Gilovich, D. Griffin, *Introduction: Heuristics and Biases: Then and Now*, in ID., *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*, Cambridge University Press, 2002, pp. 1 – 18.

processi decisionali degli algoritmi utilizzati nei sistemi di intelligenza artificiale. Questo diritto potrebbe risultare importante poiché consentirebbe alle persone di comprendere come vengono prese le decisioni automatizzate che possono influenzare la loro vita quotidiana. Inoltre, il diritto alla spiegazione algoritmica può essere cruciale per individuare e correggere eventuali pregiudizi o discriminazioni presenti negli algoritmi, contribuendo così a garantire una maggiore equità e trasparenza nei processi decisionali automatizzati. Tuttavia, l'implementazione pratica di questo diritto può presentare sfide significative, come la protezione dei segreti commerciali e la complessità degli algoritmi utilizzati. Potrebbe quindi apparire importante esaminare attentamente le implicazioni etiche, legali e tecniche di questo diritto per garantire che possa essere applicato in modo efficace e equo.

Inoltre, il vasto campo di sviluppo tecnologico e sociale di cui si discute si muove con una velocità talmente elevata al punto che sempre più attività umane siano permeate dall'utilizzo di tali strumenti. In ragione di ciò, sorge la necessità di bilanciare vantaggi e svantaggi che questi sistemi cognitivi artificiali fanno emergere; questo bilanciamento deve coinvolgere alla stessa maniera sia gli sviluppatori di intelligenza artificiale sia i responsabili politici, nel tentativo di garantire che i benefici economici e sociali provenienti da questa industria possano effettivamente condurre ad un progresso della società stessa. Infatti, approcciarsi apertamente all'intelligenza artificiale, senza alcun timore disciplinare, può solo contribuire positivamente e potrebbe portare a numerosi benefici nella società; è essenziale affrontare le sfide etiche, giuridiche e sociali correlate in modo responsabile al fine di garantire un successo continuo ed un'adozione sicura di queste tecnologie. È altresì importante ed urgente pensare agli aspetti negativi ed ai rischi che le tecnologie di intelligenza artificiale stanno evidenziando, così come riportato, tra le tante voci, dallo studio AI 100 dell'Università americana di Stanford¹⁹⁷. Ad esempio,

¹⁹⁷ Il '*One Hundred Year Study of Artificial Intelligence (AI100)*' è uno studio longitudinale per studiare e prevedere come gli effetti dell'intelligenza artificiale si ripercuoteranno su ogni aspetto del modo in cui le persone lavorano, vivono e giocano. È amministrato dall'Università di Stanford e gestito da un comitato permanente di esperti di intelligenza artificiale provenienti da istituzioni

l'abilità sempre crescente di prendere decisioni su larga scala mediante l'automazione rappresenta una doppia sfida: da un lato, la presenza di *deepfake*¹⁹⁸ intenzionali o algoritmi non responsabili che emettono raccomandazioni critiche potrebbe portare ad inganni, discriminazioni e persino danni fisici alle persone; dall'altro, gli algoritmi formati su dati storici potrebbero perpetuare ed aggravare i pregiudizi e le disuguaglianze già esistenti¹⁹⁹. Un esempio utile può essere portato analizzando il caso dei sistemi biometrici di riconoscimento facciale in cui nel loro funzionamento presentano risultati discriminatori in base al differente colore della pelle²⁰⁰.

Inoltre, non è da sottovalutare il rischio che tali soluzioni potrebbero apportare in termini di standardizzazione dei processi umani.²⁰¹ Questo potrebbe condurre al raggiungimento di una mera omologazione dei diversi comportamenti umani, cercando a tutti i costi giungere ad un'ottimizzazione del risultato per qualsiasi azione. Tuttavia, poiché ogni individuo è diverso, le azioni svolte dall'essere umano possono essere diverse a causa della diversità di ciascun individuo, uguale non è. rendendo così

di tutto il mondo, presieduto da Vincent Conitzer della Carnegie Mellon University. in <https://ai100.stanford.edu/about>,

¹⁹⁸ Il fenomeno del deepfake è descrivibile come “foto, video e audio creati grazie a software di intelligenza artificiale (AI) che, partendo da contenuti reali (immagini e audio), riescono a modificare o ricreare, in modo estremamente realistico, le caratteristiche e i movimenti di un volto o di un corpo e a imitare fedelmente una determinata voce. La parola deepfake è un neologismo nato dalla fusione dei termini “fake” (falso) e “deep learning”, una particolare tecnologia AI. Le tecniche usate dai deepfake sono simili a quelle delle varie app con cui ci si può divertire a modificare la morfologia del volto, a invecchiarlo, a fargli cambiare sesso, ecc. La materia di partenza sono sempre i veri volti, i veri corpi e le vere voci delle persone, trasformati però in “falsi” digitali.” Cfr. vademecum deepfake disponibile sulla seguente pagina del Garante per la protezione dei dati italiano: <https://www.garanteprivacy.it/web/guest/home/docweb/-/docweb-display/docweb/9512226>; cfr. anche voce *deepfake*, da Vocabolario on-line Treccani, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2018, in [https://www.treccani.it/vocabolario/deepfake_\(Neologismi\)](https://www.treccani.it/vocabolario/deepfake_(Neologismi)).

¹⁹⁹ Cfr. A. C. Amato Mangiameli, *Algoritmi e big data. Dalla carta sulla robotica*, in ‘Rivista di filosofia del diritto’, n. 1, 2019, pp. 107 – 124; V. Cavosi, *Governare l'Intelligenza Artificiale*, Ledizioni, 2022, pp. 80; P. Dunn, *Moderazione automatizzata e discriminazione algoritmica: il caso dell'hate speech*, in ‘Rivista italiana di informatica e diritto’, vol. 4, n. 1, 2022, pp. 133 – 144; N. Lettieri, *Antigone e gli algoritmi*, Mucchi editore, 2020, pp. 96; S. Noble, *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*, New York University Press, 2018, pp. 256.

²⁰⁰ Cfr. I. D. Raji, T. Gebru, M. Mitchell, J. Buolamwini, J. Lee, E. Denton, *Saving Face: Investigating the Ethical Concerns of Facial Recognition Auditing*, in ‘Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '20), 2020, pp. 145 – 151.

²⁰¹ A tal riguardo il filosofo coreano Byung-chul Han parla di ‘macchinizzazione’ del pensiero umano. Cfr. B. Han, *Le non cose*, Einaudi, 2021, p. 56.

quest'omologazione non adeguata. È pertanto importante che siano ridotti al minimo gli impatti negativi e siano massimizzati quelli positivi.

2. *Il tempo e lo spazio dell'intelligenza artificiale*

Da un punto di vista istituzionale, emerge, a questo punto della riflessione, una grande problematica, ovverosia che le sfide poste dalla tecnologia sono sempre più in rapida evoluzione, mentre i processi legislativi non riescono, in questo momento, a tenere il passo dei primi. Il rapporto fra digitalità e temporalità è infatti costellato da concetti quali velocità, accelerazione, compressione e tempo d'esecuzione.

Il già citato filosofo Cosimo Accoto evidenzia un presente attuale, pervaso dalla tecnologia digitale, parallelo ad una dimensione prolettica del tempo, la quale riflette una prospettiva avanzata nella quale potrebbe essere anticipato, e dunque pianificato, il futuro. Seguendo la scia di diversi autori²⁰² egli giunge ad affermare che *“lavorando su dimensioni temporali sottopercepite dall'umano, le tecnologie digitali e artificiali catturano con anticipo i dati di un (tempo) presente a noi inaccessibile e li usano per costruire un futuro (tempo) presente che sarà attingibile, solo successivamente dalla nostra percezione, esperienza e coscienza. [...] Il tempo presente dei sensi non è la stessa cosa dei sensori”*.²⁰³ Questa operazione di sensorizzazione di un presente inaccessibile alla nostra percezione, diretta e propria dei sensi umani, conduce ad ipotizzare un presente che potrà essere vissuto solo successivamente. Dunque, l'intervallo temporale tra il presente delle macchine e quello umano *“genera una nuova sensibilità e nuove possibilità di conoscenza”*²⁰⁴. In questa prospettiva, il breve intervallo temporale che intercorre tra l'attivazione cerebrale e la

²⁰² Cfr. M. B. N. Hansen, *Feed-Forward. On the future of Twenty-First Century Media*, The Chicago University Press, 2014, pp. 320; G. Harman, *Ontologia orientata agli oggetti. Una nuova teoria del tutto*, Carbonio editore, 2021, pp. 320; G. Northoff, *Il codice del tempo. Cervello, mente e coscienza*, Il Mulino, 2021, pp. 200.

²⁰³ Cit. C. Accoto, *Il mondo dato*, Egea, 2017, pp. 84 – 85.

²⁰⁴ Cit. Ivi, p. 85

consapevolezza di un evento, precedentemente studiato nel contesto della fisiologia e della neurologia celebrale, è ora traslato e concretizzato nel contesto dei processi tecnologici digitali e artificiali; in questo risiede il motivo per cui la risposta degli esseri umani appare più lenta rispetto ad un sistema cognitivo artificiale, indipendentemente dalla velocità di calcolo²⁰⁵. Questo intervallo, dunque, diventa la distanza tra il momento in cui le tecnologie mediano o producono nuove forme di sensibilità derivate dal mondo ed il momento in cui queste, in modo anticipato, vengono presentate alla coscienza umana attraverso un processo definito *feed-forward*. La cattura di nuove sensibilità e percezioni del mondo segue dinamiche temporali che si orientano, fondamentalmente, verso il futuro anziché sottolineare quella correlazione essenziale esistente tra la nostra esperienza attuale ed il passato. Proprio per queste ragioni, Accoto sostiene che il rapporto fra temporalità e digitalità debba essere considerato come un'opportunità per poter creare un nuovo tempo da utilizzare, atto a generare un nuovo momento di coscienza anche per l'essere umano²⁰⁶. La delineazione di questo scenario suscita una serie di considerazioni significative che richiederebbero un'apposita esplorazione approfondita. In questa sede, si evidenzia però come il concetto di una nuova temporalità generata dall'interazione tra l'umanità e le tecnologie digitali sollevi interrogativi sulla natura stessa del tempo e sulla sua percezione. La digitalizzazione del mondo sta accelerando il flusso delle informazioni e dei processi, modificando il modo in cui percepiamo e viviamo il tempo. Ad esempio, emergono domande cruciali sulla nostra capacità di adattarci e comprendere i cambiamenti nella nostra esperienza temporale. Come influenzerà questa nuova temporalità la nostra percezione della realtà e la nostra relazione con il mondo che ci circonda? Quali saranno gli effetti sulla nostra coscienza e sulla nostra capacità di elaborare e interpretare

²⁰⁵ Si pensi ad esempio al caso di IBM Watson durante il quiz televisivo Jeopardy. Cfr. R. Chandrasekar, *Elementary? Question answering, IBM's Watson, and the Jeopardy! Challenge*, in 'Reson', n. 19, 2014, pp. 222 – 241; S. Palmer, *Man vs. Watson*, in 'The Humanist', vol. 71, n. 3, 2011, pp. 35 – 36.

²⁰⁶ Cfr. C. Accoto, *op. cit.*, 2017, pp. 84 – 88.

l'informazione? Queste domande devono coinvolgere in prima persona il giurista, al fine di cogliere quali soluzioni possa mettere in atto.

Pur tuttavia, è da sottolineare come la comprensione e l'efficace gestione di tali dinamiche emergenti si configurano come aspetti cruciali, in quanto potrebbero anche consentire di anticipare e prevenire possibili impatti negativi sull'esistenza umana stessa. Un esempio paradigmatico è rappresentato dalle implicazioni sulla salute, laddove una comprensione approfondita di queste dinamiche potrebbe permettere di adottare misure preventive atte a mitigare potenziali rischi. Allo stesso tempo, d'altro canto, va sottolineato il ruolo cruciale delle dinamiche legate alla manipolazione dell'agire soggettivo, come, ad esempio, evidenziato nel contesto della pubblicità comportamentale. La consapevolezza di queste influenze riveste un'importanza cruciale nel processo di sviluppo di meccanismi di tutela che impediscano l'imposizione di situazioni economiche o sociali che potrebbero arrecare limitazioni ai diritti degli individui. Un'analisi approfondita ed una riflessione attenta su tali aspetti rappresentano pertanto un passo significativo verso l'instaurazione di politiche e normative mirate a garantire una gestione consapevole e conforme ai diritti emergenti da queste dinamiche. È necessario tenere presente, ribadendolo sino allo stremo, che l'obiettivo dell'intelligenza artificiale deve essere quello di apportare un miglioramento al modo di vivere delle persone e non valutare il successo della disciplina in base all'efficienza con cui le macchine svalutano le stesse persone che stiamo cercando di tutelare²⁰⁷.

Quanto affermato, potrebbe indurre a ritenere che la direzione intrapresa stia sempre più convergendo verso quello che l'informatico americano Raymond Kurzweil (1948) teorizza nel suo saggio 'La singolarità è vicina'. In questo testo, Kurweil espone la propria tesi secondo cui la cosiddetta 'singolarità tecnologica' sarà sicuramente raggiunta. Questo della singolarità tecnologica è un termine coniato nella metà degli anni Cinquanta dello scorso secolo da parte del matematico polacco statunitense Stanislaw

²⁰⁷ Cfr. M. L. Littman, I. Ajunwa, G. Berger, et al. "*Gathering Strength, Gathering Storms: The One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) 2021 Study Panel Report*", Stanford University, 2021, in <http://ai100.stanford.edu/2021-report>.

Ulam (1909 – 1984)²⁰⁸ per indicare quel momento in cui la tecnologia riesce ad eguagliare gli esseri umani, dalla cui “ *fusione dovrebbero nascere le condizioni per una nuova forma di intelligenza ibrida che somma i pregi di entrambe*”²⁰⁹. Di questa visione, di cui è comunque interessante tenere presente, preferisco semplicemente riportarla, non condividendola *in toto*. È, infatti, da tenere in considerazione che si possa correre il rischio di generalizzare l’uso di termini specifici come, ad esempio, quelli di pensiero ed intelligenza, i cui concetti non sempre sono da sovrapporre; questi due termini presentano sfumature diverse che confuse porterebbero ad una banalizzazione sia della ricerca che di conseguenza degli effetti all’interno della società. Il pensare dei sistemi cognitivi artificiali, per quanto ispirati a quelli umani, possono comunque rispecchiare abilità, forme di intelligenza diverse, che converrebbe mantenere distinte, per quanto l’uso combinato di entrambe, potrebbero giovare senza dubbio all’evoluzione sociale.

A tal proposito, il giurista ed esperto di digitalizzazione, il britannico Richard Susskind (1961), nel suo masterpiece ‘L’avvocato di domani’, esplora il mondo dell’innovazione tecnologica, in relazione al mondo del diritto, evidenziando quali possano essere i futuri scenari che lo riguarderanno e che riguarderanno, in particolare, gli operatori del diritto in una società tecnologicamente avanzata. Nel farlo, evidenzia, prendendo spunto dal libro di Clayton Christensen (1952 – 2020), ‘*The Innovator’s Dilemma*’, la differenza fra tecnologie di sostegno e tecnologie cosiddette ‘*disruptive*’ (tradotte in italiano come dirompenti o distruttive). Le prime

²⁰⁸ Così descrive Ulam nel mezzo di una conversazione con Von Neumann: “Una conversazione si è incentrata sul progresso sempre più rapido della tecnologia e sui cambiamenti nel modo di vivere dell’uomo, che sembrano avvicinarsi a una singolarità essenziale nella storia della razza, oltre la quale le vicende umane, così come le conosciamo, non potrebbero continuare.”. Cit. S. Ulam, *Tribute to John von Neumann*, in ‘Bulletin of the American Mathematical Society’, vol. 64, n. 3, parte 2, 1958, p. 5.

²⁰⁹ Cit. V. Somenzi, R. Cordeschi, (a cura di), *La filosofia degli automi. Origini dell’Intelligenza Artificiale*, Mimesis, 2022, p. III. Cfr. sulla singolarità tecnologica: J. Kaplan, *op. cit.*, 2017, pp. 194 – 206; R. Kurzweil, *La singolarità è vicina*, Apogeo, 2008; R. Manzocco, *Esseri Umani 2.0*, Springer, 2004, pp. 356; P. Radanliev, D. De Roure, et al., *Super-forecasting the ‘technological singularity’ risks from artificial intelligence*, in ‘Evolving Systems’, Springer, n. 13, 2022, pp. 747 – 757; M. Shanahan, *The Technological Singularity*, Cambridge: MIT Press, 2015, pp. 272; S. Tariq, Sadia, I. Asif, et al., *Is the ‘Technological Singularity Scenario’ Possible: Can AI Parallel and Surpass All Human Mental Capabilities?*, ‘World Futures’, Routledge, vol. 79, n. 2, 2023, pp. 200 – 266.

sono quelle che “*supportano e migliorano il modo in cui opera attualmente un’azienda o un mercato. Al contrario, le tecnologie disruptive sfidano e cambiano fundamentalmente il funzionamento di un’azienda o di un settore*”²¹⁰. L’autore britannico analizza due aspetti fondamentali delle tecnologie dirompenti, il primo riguarda il loro ruolo nel mercato, andando a modificare gerarchie economiche esistenti, mentre riguardo al secondo aspetto, nota come, in un primo momento del loro manifestarsi, tali tecnologie siano snobbate inizialmente per poi affermarsi prepotentemente. Proseguendo il proprio discorso, egli evidenzia, dunque, come nonostante possa apparire negativa una tecnologia *disruptive*, come, ad esempio, potrebbero esserlo i sistemi cognitivi artificiali o qualsiasi altro prodotto figlio dell’intelligenza artificiale, questa, in realtà, potrebbe nascondere delle ottime opportunità per coloro i quali riescono ad intercettare in tempo i vantaggi che possono derivare dalla loro adozione. Nel mondo legale, egli sostiene già l’esistenza di diverse tecnologie *disruptive* in grado di apportare benefici agli operatori del diritto, anche se ciò potrà comportare un inevitabile cambio di prospettiva futura nelle professioni legali del ‘domani’, il che solleva allarmismi nel dibattito contemporaneo.

Inoltre, il tema della circolazione delle tecnologie all’interno delle scienze sociali rappresenta un complesso argomento nella ricerca scientifica, a causa dei diversi approcci metodologici adoperati. Infatti, questo processo sociale si fa carico di numerose variabili che interagiscono in modo sinergico, non potendo essere non considerabili singolarmente. Il sociologo contemporaneo italiano Davide Bennato ha trattato questa tematica distinguendo fra due dimensioni fondamentali: la prima, la diffusione delle tecnologie, riguarda quel processo mediante cui una tecnologia si diffonde nella società fino a diventare strumento accessibile alla maggior numero di soggetti; la seconda, l’istituzionalizzazione delle tecnologie, descrive le strategie attraverso le quali la tecnologia si radica nella vita delle persone, fino al punto di modificarla a causa delle conseguenze sociali derivanti. Queste due conseguenze, per lo studioso, sono comprensibili

²¹⁰ R. Susskind, *L’avvocato di domani*, Guerini, 2019, p. 61.

esclusivamente attraverso i processi di riorganizzazione simbolica che coinvolgono la tecnologia²¹¹.

Sebbene i suoi albori possano essere riscontrati già a partire dall'inizio del secolo scorso, la dimensione sociologica della diffusione delle tecnologie trova un più adatto modello di rappresentazione in quello descritto dal sociologo statunitense Everett Rogers (1931 – 2004), lungo un percorso di perfezionamento di questo modello teorico, iniziato nel 1962 e terminato nel 2003, delineato nelle diverse edizioni del testo *Diffusion of innovations*²¹². Al centro di questa concezione sociologica si trova l'idea che l'innovazione venga comunicata attraverso specifici canali di comunicazione, sia personali che tramite i mezzi di comunicazione di massa, da membri di un determinato contesto sociale, nel corso di un preciso arco temporale. Secondo questo modello, sono due i cardini temporali in cui l'innovazione tecnologica possa permeare la società. Il primo è il momento dell'adozione, ovvero quel momento in cui sono delineate le strategie decisionali che spingono l'individuo ad accogliere quella specifica tecnologia. Questo processo, estremamente individuale, consta di ulteriori cinque fasi nelle quali l'individuo prende consapevolezza dell'innovazione, ne ha interesse, valuta le opportunità offerte, le testa durante una fase di prova, per poi in fase di adozione, divenire pienamente consapevole dei benefici che la tecnologia possa offrire, decidendo, così, di continuare ad utilizzarla. Il secondo momento, invece, assume un significato profondamente sociale, essendo quello della diffusione, durante il quale, per l'appunto, dalla sfera individuale si passa a quella comunitaria, attraverso o una rete di contatti personali o attraverso i mezzi di comunicazione di massa. Rogers descrive come l'andamento dell'adozione della tecnologia nella società del tempo segua una curva a campana. Questo non solo rappresenta il ciclo di vita di un'innovazione tecnologica, ma consente anche di suddividere gli utenti in diversi gruppi sociali in base alle caratteristiche sociodemografiche ed agli atteggiamenti comuni nei

²¹¹ Cfr. D. Bennato, *La circolazione delle tecnologie*, in T. Gregory (a cura di), *XXI secolo, volume: L'universo fisico*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2010, pp. 577 – 586.

²¹² Cfr. E. Rogers, *Diffusion of innovations*, Free Press, 2003, pp. 576.

confronti dell'innovazione nel momento in cui questa viene ad essere adottata. Questi gruppi includono gli innovatori, gli anticipatori, la maggioranza iniziale, la maggioranza tardiva ed i ritardatari.

Secondo Bennato, le critiche a questa teoria hanno centrato il *core* stesso della teoria di Rogers, ovvero quella dimensione macro-sociale che, sebbene possa spiegare le modalità con cui le innovazioni tecnologiche si diffondono nella società, non è in grado di catturare nel dettaglio alcune caratteristiche legate al significato culturale attraverso il quale una tecnologia trova la propria collocazione nel contesto sociale, determinandone spesso il relativo successo o meno. Tale aspetto simbolico *“è molto importante, poiché è il solo veicolo in grado di farla diventare parte integrante della vita delle persone, esprimendo valori congruenti con una precisa dimensione culturale, socialmente e storicamente determinata”*²¹³. Numerose e differenti teorie analizzano il rapporto simbolico culturale della istituzionalizzazione tecnologica, evidenziando, quale punto in comune, come società e tecnologia si intreccino costantemente, andando a generare non solo un artefatto tecnologico ma anche una serie di elementi culturali all'interno dei quali contestualizzarlo. D'altro canto, questi studi permettono di farne sorgere ulteriori, focalizzati sui meccanismi sociali di accettazione o di rifiuto della tecnologia, andando ad indagare sia su fenomeni individuali che collettivi. Quale che sia la posizione, emerge, come punto comune, la necessità di una tecnologia che possa essere in armonia con i valori sociali, eticamente condivisibili, nel rispetto del quadro giuridico esistente. Bennato sottolinea tre aspetti: *“In primo luogo l'idea che la tecnologia sia una forma di potere (definita perciò potere tecnico) e in quanto tale in grado di modificare profondamente i rapporti sociali esistenti in un determinato contesto culturale. In secondo luogo, la tecnologia non è una forza neutrale, ma porta con sé una specifica visione del mondo, della società e della vita delle persone che ha conseguenze inattese sul vivere civile (posizioni che si sono maggiormente concentrate nella critica della nozione di progresso). In terzo*

²¹³ Cit. D. Bennato, *op. cit.*, 2010, p. 578.

luogo, la tecnologia ha un profondissimo impatto antropologico che dà luogo alla necessità di ridefinire il significato del termine essere umano e descrivere su nuove basi le componenti fondamentali di quella che consideriamo l'identità umana. Tale riflessione porta a estendere il concetto di essere vivente anche a forme diverse dall'essere umano biologicamente inteso, come i cyborgs (esseri umani in parte artificiali) e i robot (automi antropomorfi e non antropomorfi dotati di capacità cognitive rese possibili dallo sviluppo delle tecnologie di intelligenza artificiale).”²¹⁴

A ben vedere, alla luce di ciò, dunque, è innegabile che la tecnologia abbia un impatto profondo sulla vita quotidiana e sulle dinamiche sociali e di conseguenza giuridiche. Per Bennato *“la tecnologia può essere concettualmente rappresentata come un artefatto le cui regole di funzionamento sono inerenti alla dimensione scientifico-tecnica. Tuttavia, il modo con cui queste danno vita a un particolare ente in grado di far parte della quotidianità e quindi di provocare un impatto sulle forme dell'esperienza contemporanea è condizionato dal contesto sociale nel quale le diverse dimensioni (economica, storica, culturale ecc.) si manifestano. Con uno slogan, potremmo dire che la tecnologia è la forma che assume la società quando viene mediata dall'apparato tecnico-scientifico”²¹⁵.*

Le analisi di Bennato e Susskind mostrano, dunque, come la diffusione e l'istituzionalizzazione della tecnologia influiscano prepotentemente sull'individuo e sulla società, questa da intendere come il collettivo di individui all'interno di un determinato ed interessato contesto spazio-temporale interessato; questo porta ad una modifica non solo del modo di vivere, ma anche della stessa concezione che si ha del vivere. Nel contesto della rapida evoluzione tecnologica, la complessità degli elementi che caratterizzano le nuove tecnologie richiede un'analisi approfondita e dettagliata. È imperativo riconoscere che, proprio come le convinzioni matematiche vengono costantemente riesaminate e adattate per rimanere allineate alle nuove scoperte, la stessa attenzione deve essere riservata alla

²¹⁴ Cit. Ivi, pp. 581 – 582.

²¹⁵ Cit. Ivi, p. 585.

costante vigilanza nel momento in cui nuove tecnologie fanno la loro comparsa nel panorama sociale. In questo contesto, il diritto e la scienza giuridica assumono un ruolo fondamentale di riferimento nel cogliere ed interpretare i significati emergenti. Infatti, esso non solo necessita di una revisione delle prospettive consolidate, come quelle relative a spazio e tempo, ma deve anche sviluppare una nuova sensibilità nei confronti delle sfide poste dalle tecnologie emergenti. Questo intervento è cruciale per preservare i valori sociali che potrebbero essere minati dall'impiego di tecnologie dirompenti. Attraverso un'analisi critica, anche multidisciplinare, ed un'adeguata regolamentazione, il diritto, servendosi della scienza giuridica, può agire da baluardo nella protezione di diritti e libertà, assicurando che l'innovazione tecnologica sia orientata al benessere dell'umanità ed al perseguimento di una società equa e giusta.

A tal proposito, sorge una problematica fondamentale, a mio avviso, legata alla natura intrinsecamente territoriale del diritto. Nell'attuale mondo globalizzato il diritto resta un baluardo localizzato. Tale situazione evidenzia come ogni sistema legale sia radicato in una specifica cultura e società, il che implica che i valori e le concezioni di giustizia che esso promuove siano influenzati dalle caratteristiche e dalle tradizioni di quella particolare comunità. Un esempio può sorgere allorché si discute di diritto orientale ed occidentale; in questo caso emergono notevoli differenze nelle fondamenta filosofiche e nelle priorità normative. Ad esempio, il diritto occidentale spesso è basato su principi come l'individualismo, l'uguaglianza e l'accento sulla protezione dei diritti individuali. Dall'altra parte, in molte culture orientali, i valori comunitari, la stabilità sociale e l'armonia possono assumere un ruolo più centrale nelle considerazioni legali. Queste divergenze possono creare conflitti ed incomprensioni quando si cerca di applicare un sistema legale ad una realtà culturale diversa. Ciò significa che, quando il diritto occidentale cerca di regolamentare o influenzare l'innovazione tecnologica, oramai universale, in contesti orientali, potrebbero emergere conflitti di valori e concezioni di giustizia, così come viceversa. Pertanto, è essenziale riconoscere e comprendere la

complessità di questo scenario ed adottare un approccio critico e multidisciplinare. Sarebbe doveroso cercare di comprendere e rispettare le specificità culturali e legali di ogni contesto, evitando l'imposizione di un unico standard occidentale od orientale, onde evitare, *a contrario*, un'eccessiva standardizzazione nelle maglie del diritto che potrebbe sfociare in comportamenti totalitari. Questo, per quanto possa apparire agli occhi di alcuni come utopistico, richiede una regolamentazione che sia sensibile alle diversità culturali e che miri a promuovere il benessere e la giustizia in modo equo, tenendo conto delle varie prospettive e valori presenti nel mondo. Un approccio antropologico fondamentale in tal senso è stato evidenziato dalla teoria dell'orientalismo di Edward Said (1935 – 2003), il quale ha rappresentato un punto di svolta riguardo l'indagine delle differenze, dapprima, fra oriente ed occidente, per poi estenderlo a qualsiasi interazione fra culture diverse. Questa analisi necessita quindi di un ripensamento radicale dei rapporti fra cultura, spazio e potere nelle scienze umane, in relazione ad una visione estesa propria dell'antropocentrismo, nel quale l'essere umano dovrebbe essere spogliato di determinati valori e dinamiche sociali altamente discriminanti rispetto ad altri esseri umani. Tale approccio si proporrebbe di individuare un ambito concreto dei cosiddetti diritti umani, superando il limite delle mere discussioni etiche, strettamente legate ad una visione soggettiva, e garantendo invece una tutela effettiva ed incisiva, rispettosa dell'essere umano nella sua realtà individuale, considerando il rispetto delle culture tradizionali e l'autodeterminazione dei diversi gruppi sociali, che attraverso una tecnologia neutra ed adattiva sarebbe auspicabile raggiungere²¹⁶.

²¹⁶ Cfr. A. De Gennaro, *I diritti umani oggi: nuovi diritti individuali e diritti umani*, Bononia university press, 2010, pp. 66; C. Di Martino (a cura di), *I diritti umani e il proprio dell'uomo nell'età globale: diritto etica politica*, InSchibboleth, 2017, pp. 236; L. Ferrajoli, *Diritti fondamentali. Un dibattito teorico*, Editore Laterza, 2008, pp. 388; G. Gioffredi, A. Pisanò, V. Lorubbio, (a cura di), *Diritti umani in crisi?: emergenze, disuguaglianze, esclusioni*, Pacini, 2021, pp. 206; M. Kauffman, *Diritti umani*, Guida, 2009, pp. 205; E. Longo, *La ricerca di un'antropologia costituzionale della società digitale*, in 'Rivista italiana di informatica e diritto', vol. 5, n. 2, 2024, pp. 147 – 160; F. Rister de Sousa Lima, M. Finco, *Diritti fondamentali e diritti umani: il contributo della teoria dei sistemi sociali. prospettive di indagine*, in 'Revista Opinião Jurídica', vol. 17, n. 26, 2019, pp. 109 – 137; S. Rodotà, *Il diritto di avere diritti*, Editori Laterza, 2012, pp. 433.

Inoltre, nell'era contemporanea, l'eliminazione delle distanze fisiche è resa possibile grazie ad una serie di fattori fondamentali, quali gli avanzamenti tecnologici sempre più efficaci, una maggiore velocità di comunicazione ed una sempre più stretta rete di connessioni interpersonali. Questi fattori portano ad una nuova visione dei diversi sistemi giuridici, inserendoli in quella che può essere globalmente definita società dell'informazione²¹⁷.

Chiusa questa breve ma doverosa dissertazione, per la portata dell'argomento iconico di questo scritto, dopo aver iniziato ad accennare ad un'effettiva visione antropocentrica, da intendere quale tutela giuridica dell'individuo, nel contesto della trasformazione sociale dovuta alle nuove tecnologie, ci si concentra ora su di una chiave di lettura al momento storico, o 'iperstorico', per attenerci alla terminologia utilizzata dall'autore. Questa specifica prospettiva è fornita dal filosofo italiano Luciano Floridi (1964) nel suo testo 'La quarta rivoluzione. Come l'infosfera sta trasformando il mondo', nel quale riscrive concetti quali ad esempio tempo e spazio alla luce di quella che è intesa come la quarta rivoluzione dell'antropocene²¹⁸. Per Floridi, la scienza influisce fundamentalmente sulla nostra comprensione in due modi distinti: un primo di natura estroversa, rivolto verso il mondo esterno, e l'altro di natura introversa, ossia verso la nostra interiorità. Nel corso della storia, egli individua tre rivoluzioni scientifiche che hanno esercitato un impatto significativo coinvolgendo entrambe le modalità precedenti. Queste trasformazioni della nostra percezione del mondo esterno hanno inevitabilmente inciso sulla nostra concezione di chi siamo, modellando, in ultima analisi, la nostra comprensione come esseri umani; ci si riferisce alla rivoluzione

²¹⁷ Cfr. S. Carta, *Orientalismo, spazio e antropologia culturale*, in 'Intersezioni, Rivista di storia delle idee', Il mulino, n. 1, 2011, pp. 129 – 142; S. Guerriero, *Review of Orientalismo, by E. W. Said & S. Galli*, in 'Belfagor', vol. 57, n. 2, 2002, pp. 241 – 243; E. Said, *Orientalismo*, Feltrinelli, 2019, pp. 398.

²¹⁸ Cfr. C. Continisio, M. Ferronato, *Antropocene e dintorni*, in 'Storia del pensiero politico', n. 3, 2019, pp. 509 – 525; C. Garbarino, *Antropocene, postcostituzionalismo resiliente e ordinamenti globali*, in 'Diritto pubblico comparato ed europeo, Rivista trimestrale', n. 4, 2022, pp. 917 – 944; F. Lai, *Antropocene: per un'antropologia dei mutamenti socioambientali*, Editpress, 2020, pp. 167; F. Mussgnug, *Antropocene: decentrare l'uomo*, in 'O.B.L.I.O.', vol. 11, n. 44, 2022, in <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10145009/>.

copernicana, alla rivoluzione darwiniana ed a quella freudiana²¹⁹. Questa quarta rivoluzione, che può essere pacificamente definita come ‘turinghiana’, ha, per l’appunto, preso inizio allorquando il matematico inglese ha riscritto il paradigma dell’essere umano quale detentore della “*posizione privilegiata ed esclusiva che avevamo nel regno del ragionamento logico, della capacità di processare informazioni e di agire in modo intelligente*”²²⁰. In effetti, il campo dell’informatica e delle tecnologie dell’informazione e della telecomunicazione (ICT), attraverso i sistemi cognitivi artificiali, ha influenzato profondamente sia la nostra percezione del mondo esterno, sia la nostra comprensione personale. Queste tecnologie, inoltre, hanno consentito all’essere umano di acquisire un’approfondita conoscenza scientifica e di permettere, contemporaneamente, un’interazione continua e costante, ontologizzando *ex novo* il mondo, ovvero trasformando il mondo nella sua essenza, anziché limitarsi a modificare semplicemente un sistema solo in maniera differente. Floridi, quindi, parla dell’essere umano attuale come *inforg*, ovvero “*organismi informazionali, reciprocamente connessi e parte di un ambiente informazionale (l’infosfera), che condividiamo con altri agenti informazionali, naturali e artificiali, che processano informazioni in modo logico e autonomo*”²²¹.

Fa qui capolino il neologismo ‘infosfera’, già coniato negli anni Settanta del secolo scorso, e già presente nel sottotitolo del testo oggetto di discussione, oltre che in ulteriori scritti del filosofo italiano. È possibile definire l’infosfera come “*l’ambiente informazionale costituito da tutti i processi, servizi ed entità informazionali che includono gli agenti informazionali così come le loro proprietà, interazioni e relazioni reciproche*”²²². A ben vedere, dunque, non ci si limita a considerare esclusivamente il mondo *online*, bensì devono essere ricompresi, facendone parte a pieno titolo, anche quegli spazi di informazione *offline* ed analogici. Tanto è vero che è possibile parlare di vita ‘*onlife*’ in cui la distinzione tra

²¹⁹ Cfr. L. Floridi, *La quarta rivoluzione*, Cortina, 2017, pp. 99 – 103.

²²⁰ Cit. Ivi, p. 105.

²²¹ Cit. Ivi, p. 106.

²²² Cit. L. Floridi, *La rivoluzione dell’informazione*, Codice, 2012, p. 11.

online ed *offline* si sta sempre più riducendo grazie agli agenti informatici. Questi agenti agiscono in entrambi i campi, riducendo sempre più il divario esistente, fino a quando non si giungerà ad un punto di totale indifferenza tra i due.

Tale visione conferma quanto già è stato anticipato nel 1991 con l'*ubiquitous computing* di Weiser²²³, per cui si prevedeva un cambiamento di prospettiva o di approccio nella relazione tra il mondo fisico e il mondo virtuale, rappresentato dall'emergere dell'utilizzo dei computer. Inizialmente, infatti, ci si è occupati del processo di digitalizzazione e di rappresentazione del mondo reale all'interno dei computer, trasferendo dati, informazioni e processi al loro interno. Oggi, infatti, stiamo assistendo, come previsto nel 1991, ad un cambiamento significativo: i computer e la loro influenza sono ora presenti ed influenti direttamente nel mondo fisico e nelle attività quotidiane. Questa prospettiva mira a superare la dicotomia esistente tra due concetti ancora oggi ritenuti contrapposti: "*da una parte, lo spazio geometrico, materiale e concreto, dall'altro, le tecnologie digitali, immateriali e virtuali*"²²⁴. Un esempio classico si sostanzia nella cd. 'realtà aumentata (AR)'²²⁵, sempre più utilizzata per i più disparati scopi. Questa non si limita in una mera rappresentazione di dati incamerati, bensì costruisce un nuovo presente in uno spazio anch'esso nuovo. Si procede, dunque, ad una nuova ontologizzazione dello spazio, da intendersi oramai in maniera simbiotica con il codice, trasformato radicalmente nella sua comprensione, in chiave dinamica e soggetto appunto a cambiamenti continuativi. L'*onlife* presentato da Floridi si sostanzia in quella 'transduzione', intesa come "*operazione generativa di spazio attivata dal codice*"²²⁶ da Accoto, mutuata, immagino, dal concetto di trasduzione, per cui anziché riferirsi all'energia si sostituisce a questa l'informazione. In questo contesto, s'intende per trasduzione la "*trasmissione di energia da un*

²²³ Cfr. nota 194.

²²⁴ Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2017, p. 89.

²²⁵ La realtà aumentata è quella tecnologia che sovrappone elementi digitali alla vista dello schermo di un dispositivo dotato di fotocamera, proiettando un contenuto olografico come parte integrante del mondo fisico circostante, sperando la realtà arricchita da oggetti tridimensionali, suoni, video e grafica interattiva.

²²⁶ Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2017, p. 90.

punto a un altro di un sistema, soprattutto quando i livelli energetici siano bassi, ovvero si tratti di segnali informatici per misure, controlli, ecc.; con significato più specifico il termine indica processi di trasmissione che sono accompagnati da una modificazione della natura dell'energia trasmessa"²²⁷.

Accoto definisce così questa operazione: *“Questo concetto indica la capacità del software di produrre le condizioni di esistenza di uno spazio come un divenire costantemente modulato e iterato nelle sue relazioni di prossimità, movimento, socialità, etc. La spazialità è la risultante di questa produzione codificata. Non si tratta di fusione tra spazio fisico e servizi digitali. Lo spazio viene transdotto in forme e modalità che sono emergenti, al contempo contingenti e contestuali. Il «codice/spazio» è il concetto che esplicita la nuova condizione di una spazialità che è il prodotto delle capacità generative del codice, dei sensori, dei dati e degli algoritmi e dell'IA che non lo annullano ma lo moltiplicano in maniera esponenziale*"²²⁸. Il mondo 'onlife', prodotto dalla 'transduzione', non è dunque da intendersi come un *tertium genus*, bensì come realtà percepita.

Un approccio diverso contempla una soluzione giuridica, prospettata esclusivamente dalla disciplina laburistica, rappresentata dal cd. 'diritto alla disconnessione'. Questo diritto trova il proprio riferimento nel D.L. 21/2021, all'art. 2, c. 1 ter. Lungi dal voler effettuare un'analisi prettamente positiva del diritto in questione, sebbene la maggior parte delle fonti analizzate vadano in questa direzione, è comunque necessario brevemente inquadrare questo diritto. Esso si riferisce al diritto dei dipendenti di non essere costantemente contattati o richiamati al lavoro al di fuori degli orari lavorativi, in risposta alla crescente intrusione della tecnologia digitale nella vita lavorativa e personale, che ha portato ad un'interconnessione costante e alla difficoltà di separare il lavoro dalla vita privata, proprio l'utilizzo di soluzioni tecnologiche invasive. Non limitare questo diritto al mero ambito del diritto del lavoro ma tentare di allargare il raggio d'azione alla sfera

²²⁷ Cfr. voce *trasduzione*, Vocabolario on-line Treccani, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2023, in <https://www.treccani.it/vocabolario/trasduzione/>.

²²⁸ Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2017, p. 90.

individuale *in toto*, laddove sempre più questa commistione si evidenzia, potrebbe rappresentare una soluzione all'*onlife* ed alle conseguenze negative che ne derivano. È compito della scienza giuridica valutare e formulare tali protezioni per garantire che i diritti individuali non vengano compromessi, in particolar modo alla luce del cd. *digital burnout*²²⁹.

Invece, tra gli sviluppi di questa nuova ontologizzazione dei nostri giorni, il mondo *onlife* potrebbe aprire ad una grave problematica inerente al cosiddetto divario digitale, in cui nelle future società potrebbe non esistere più una divisione tra soggetti ricchi e soggetti poveri, basata sul punto di vista economico, ma piuttosto da un punto di vista informazionale, o meglio di accesso all'informazione. Tutto ciò si riverbera in un cambio di prospettiva che ci sposta da una visione fisica, in cui oggetti fisici e processi meccanici la fanno da padrone, ad una prettamente informazionale, in cui l'ontologia rimuove il supporto materiale, passando dal concetto di possesso a quello di esperienza.

3. *La riontologizzazione dell'essere umano e del suo mondo*

Come evidenziato in chiusura del paragrafo precedente, lo scenario delineato segna un netto cambio di paradigma: ci spostiamo da una concezione tradizionalmente centrata sulla materialità, in cui oggetti tangibili e processi meccanici dominano, a una prospettiva completamente informazionale.

In questa nuova dimensione, l'ontologia rimuove il sostegno fisico, trasformando radicalmente il concetto di possesso in un'esperienza più

²²⁹ R. Di Meo, *Il diritto alla disconnessione nella prospettiva italiana e comparata*, in 'Labour & Law Issues', vol. 3, n. 2, 2017, pp. 17 – 38; B. Göldağ, *An Investigation of the Relationship between University Students' Digital Burnout Levels and Perceived Stress Levels*, in 'Journal of Learning and Teaching in Digital Age', vol. 7, n. 1, 2022, pp. 90 – 98 ; K. Jaworska, *The right to disconnect*, in 'Studies on Labour Law and Social Policy' vol. 29, n. 1, 2022, pp. 51 – 58; F. Pires da Silva, H. Mateus Jerónimo, P. Lopes Henriques, J. Ribeiro, *Impact of digital burnout on the use of digital consumer platforms*, in 'Technological Forecasting and Social Change', vol. 200, 2024, pp. 12, in <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.123172>; M. Pucheta, A. C. Ribeiro Costa, *Going Beyond the Right to Disconnect in a Flexible World: Light and Shadows in the Portuguese Reform*, in 'Industrial Law Journal', vol. 51, n. 4, 2022, pp. 967 – 984.

fluida ed immateriale. Su questo punto, appare interessante riportare il pensiero contenuto nel testo *‘Le non cose’*, uscito dalla penna del filosofo coreano contemporaneo Byung-chul Han. Egli denuncia come questo aspetto inerente alla perdita di fisicità degli oggetti stia conducendo verso una realtà in cui l’essere umano è spogliato della caratteristica umana²³⁰. Le cose sono trasformate in *infomi*, ovvero in “*agenti che elaborano informazioni*”²³¹, con cui gli esseri umani, intesi come *infor* alla stregua di Floridi, comunicano ed interagiscono. Secondo il filosofo coreano, questa trasformazione è in grado di condurre ad una forma di sorveglianza mascherata da *convenience*. In particolare, l’essere umano subisce una perdita della propria autonomia allorquando, non comprendendo il nuovo mondo circostante, si attiene a decisioni algoritmiche provenienti da terzi. Inoltre, tali decisioni esplicavano, nell’epoca moderna, la libertà dell’essere umano attraverso l’autonomia del soggetto e nella libertà di azione, che, secondo Han, nell’infosfera, si tramuta in una mera illusione consumistica, nella libertà di scelta cosa consumare o, ancora meglio, quale esperienza vivere.

Ulteriore problematica tocca la verità che subisce una sostituzione con l’efficacia, in quanto l’entropia informativa, o caos informativo, conduce ad una sempre più difficile distinzione fra vero e falso. Rifacendosi al pensiero della filosofa Hannah Arendt (1906 – 1975), Han fissa la verità come appiglio alla vita umana e, dunque, sottomessa all’informazione che rifugge da prassi impegnative razionali, in nome di una comunicazione basata su impulsi ed emozioni forti. Questa situazione modifica gli stessi rapporti fra esseri umani slegandoli dal possesso, dai legami. Ad oggi, l’importanza del valore informativo e simbolico degli oggetti è una tendenza chiave nella società contemporanea proprio grazie alla diffusione delle tecnologie dell’informazione. “*Il portato informativo degli oggetti, l’immagine di un marchio, diventa più importante del loro valore di consumo*”²³². Questo

²³⁰ Cfr. B. Han, *op. cit.*, 2021.

²³¹ Cit. Ivi, p. 8.

²³² Cit. Ivi, p. 21.

fenomeno è divenuto noto come ‘economia dell’esperienza’²³³, dove il significato ed il simbolismo associati ad un oggetto o ad un marchio diventano essenziali nell’influenzare il comportamento di consumo e le decisioni di acquisto. In questa nuova dinamica, la percezione dei consumatori è fortemente influenzata dalla narrativa, dallo *storytelling* e dalla comunicazione visiva associata ad un prodotto o ad un marchio. Questo fenomeno è alimentato dalla presenza delle ICT, le quali diffondono informazioni su informazioni sempre pronte ad essere intercettate, volontariamente o meno, dai consumatori. Inoltre, l’identità personale è sempre più legata alle informazioni contenute in determinati oggetti o marchi utilizzati. Ciò significa che i consumatori cercano di esprimere la propria individualità e appartenenza a determinate comunità o stili di vita attraverso le scelte di consumo. Tuttavia, questa tendenza non è priva di criticità. Può, infatti, portare ad una certa omogeneizzazione culturale, dove i consumatori vengono influenzati in modo uniforme dalle stesse narrazioni e simboli, limitando la diversità e la creatività. Inoltre, c’è il rischio di una qualche forma di superficialità nella percezione degli oggetti, in quanto l’attenzione è spesso concentrata sull’aspetto superficiale e comunicativo piuttosto che sul valore intrinseco o sulle qualità funzionali proprie di quella cosa. Esempio di tale situazione riguarda ad esempio un *ebook*, il quale “non è una cosa, bensì un’informazione”²³⁴ a differenza del libro ‘cartaceo’. Ontologicamente si parla di due beni diversi, in quanto, per utilizzare un libro è necessario possederlo, averne il possesso, mentre per un *ebook* vale l’accesso presso una piattaforma attraverso cui fruire di quella specifica opera, o meglio di quella determinata rappresentazione digitale percepita attraverso la vista. Da un punto meramente giuridico, assistiamo ad un cambio di prospettiva quando i concetti di proprietà e possesso cedono il passo alle licenze d’uso, le quali permettono, fondamentalmente, l’accesso e l’utilizzo di informazioni, previo riconoscimento. L’intera concezione di bene, in senso giuridico, dovrebbe, quindi, essere rivista in quanto ancora

²³³ Cfr. J. Pine II, J. Gilmore, *L’economia delle esperienze*, Rizzoli ETAS, 2015, pp. 300; L. Mercurio, *Knowledge management e valore aziendale*, Giappichelli, 2012, pp. 11 – 18.

²³⁴ Cit. B. Han, *op. cit.*, 2021, p. 24.

radicata ad una concezione ontologica completamente diversa da quella che ora assume²³⁵. L'attenzione del mondo giuridico dovrebbe essere rivolta nel cogliere tali mutazioni in quanto, come affermato da Han, la stessa vita umana assume sempre più i contorni di una merce e, di conseguenza, concetti fondamentali quali cultura e comunità perdono maggiormente i propri connotati fondamentali²³⁶.

Come già anticipato in precedenza, inoltre, il filosofo coreano dedica un intero capitolo della propria opera, 'Le non cose', alla 'non-cosa' dell'intelligenza artificiale, senza però specificare cosa egli intenda proprio per intelligenza artificiale. Nonostante questo, consapevole del senso comune che comunque al giorno d'oggi è attribuito a questo concetto, a mio avviso, l'analisi fornita offre importanti riflessioni a valore della mia tesi, inerente all'importanza di qualificare correttamente l'argomento ai fini di una maggiore consapevolezza del fenomeno. In particolare, si fa riferimento ai rischi da tenere presente alla luce di un inquadramento più preciso nelle maglie del diritto, onde evitare un'inconsapevole pericolosa deriva sociale. Già la sua trattazione, in questo libro, anticipa come l'autore ritenga impensabile il paragonare l'intelligenza artificiale all'essere umano in

²³⁵ Un ulteriore esempio può essere riscontrato quando si è cercato di definire le cosiddette criptovalute e la natura giuridica di questi strumenti, assimilando strumenti nuovi a paradigmi passati, perdendo così alcune caratteristiche intrinseche fondamentali. Sull'argomento cfr. P. De Filippi, A. Wright, *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, Harvard University Press, 2019, pp. 300; E. Florindi, *Criptovalute: manuale di sopravvivenza. Guida pratica a bitcoin, monero, ethereum e blockchain*, Imprimatur, 2018, pp. 173; D. Lee e K. Chuen, *Handbook of digital currency: bitcoin, innovation, financial instruments, and big data*, Academic Press, 2015, pp. 612; S. Nakamoto, *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008, in <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>; M. L. Perugini, *Distributed ledger technologies e sistemi di blockchain*, Editore key, 2018, pp. 245.

²³⁶ Si riporta qui un passo filosofico fondamentale per comprendere, secondo Chun, questo periodo: "Anche la vita assume i contorni di una merce. Tutte le relazioni umane vengono commercializzate. I social media sfruttano interamente la comunicazione. Piattaforme come Airbnb commercializzano l'ospitalità. Il capitalismo delle informazioni conquista ogni angolo della nostra vita, della nostra anima. Le inclinazioni umane vengono sostituite da giudizi e like. Sono soprattutto gli amici a essere contattati, e la cultura stessa diventa merce dall'inizio alla fine. Anche la storia di un luogo viene tolta di mezzo mediante lo storytelling, che la rende fonte di valore aggiunto. I prodotti vengono arricchiti di microstorie. La differenza tra cultura e commercio va scomparendo. I luoghi della cultura si consolidano nei termini di marchi redditizi. La cultura ha la propria origine nella comunità. Essa trasmette i valori simbolici alla base di ogni comunità. Più la cultura diventa merce, più si allontana dalla propria origine. La commercializzazione e mercificazione totale della cultura provoca la distruzione della comunità. La «community» spesso evocata dalle piattaforme digitali è una forma merceologica di comunità. Una volta divenuta merce, la comunità cessa di esistere." Cit. B. Han, *op. cit.*, 2021, pp. 25 – 26.

generale. Nello specifico, ad essere paragonati non sono l'intelligenza artificiale e quella umana, bensì sono paragonati i concetti di pensiero umano e di intelligenza artificiale.

Dunque, sin dalle prime righe traspare, come l'autore voglia già fornire una netta differenziazione fra i due concetti, soluzione assolutamente condivisa dal sottoscritto, in quanto l'intelligenza umana non è altro che una frazione stessa del pensiero. Come si è già avuto modo di accennare, si sottolinea nuovamente come il vero punto di cruciale, non sia la mera replica dell'intelligenza umana, ipoteticamente possibile se intesa come simulazione attraverso i sistemi cognitivi artificiali, bensì il cercare di cogliere quella sottile sfumatura in grado di separare pensiero ed intelligenza, evitando così un'inutile confusione sull'oggetto d'indagine, sia per chi vuole sviluppare sistemi tecnologici, che per chi dovrebbe regolare giuridicamente questi fenomeni.

Chiarita questa distinzione e ritornando alle teorie di Han, il pensiero umano viene descritto come un processo analogico, impregnato di aspetto emotivo. Nell'operazione di interpretazione del mondo circostante, è questo stesso mondo circostante che influisce sul pensiero, conducendo l'essere umano alla comprensione. Han, seguendo un'impostazione heideggeriana, dalla quale personalmente mantengo la dovuta distanza, afferma che, quindi, il pensiero, formatosi con la comprensione, è da individuare e ricercare al di fuori del proprio essere mentre l'intelligenza artificiale, al contrario, non è in grado di raggiungere questo stato poiché le manca questa dimensione *'fuori di sé'*. Lo spirito, che, originariamente, assume il significato di essere al di fuori di sé, in uno stato di profonda emozione, è assente nell'intelligenza artificiale, essendo la stessa priva di questa dimensione affettiva ed analogica che, per dirla citando il filosofo idealista Heidegger, *"tutto non è che un artificioso strepito di concetti e di parole vuote"*²³⁷. Dunque, l'intelligenza artificiale mancherebbe, per il filosofo coreano, dell'accesso alla totalità ed all'ampiezza di esperienze che il pensiero umano può intraprendere. Il pensiero umano è radicato in un contesto più ampio e

²³⁷ Cit. M. Heidegger, *Contributi alla filosofia dall'evento*, Adelphi, 2007, p. 49 in B. Han, *op. cit.*, 2021, p. 52.

complesso, inclusivo di emozioni, di stati d'animo e di una profonda connessione con il mondo circostante. L'intelligenza artificiale, d'altra parte, è limitata alle informazioni ed ai dati che le sono stati forniti, senza la capacità di esperire e comprendere completamente il mondo in modo simile all'essere umano, trattandosi di meri calcoli probabilistici o deterministici.

Nonostante ciò e, sebbene questo ultimo concetto, in linea generale, possa essere accettato come una generalizzazione, non può però non essere tenuto in considerazione come al giorno d'oggi, e così in futuro, i sistemi cognitivi artificiali siano sempre più in grado di avere percezioni del mondo esterno e delle stesse emozioni umane. Questo fenomeno è dovuto sia grazie all'innumerabile quantità di dati a disposizione, sia perché si sta facendo in modo che tali sistemi possano essere in grado di ottenere ed elaborare tali informazioni al fine di massimizzare gli output programmati attraverso algoritmi sempre più efficienti. Infatti, i sistemi cognitivi artificiali sono finalizzati al raggiungimento di un determinato scopo e lo faranno sempre meglio, imitando anche i comportamenti umani, grazie alla loro capacità di massimizzazione che conduce inevitabilmente ad un'ottimizzazione matematica. Inoltre, questa capacità potrebbe andare ad eliminare la base della teoria di Han sulla mancanza di accesso alla totalità come una delle ragioni per cui l'intelligenza artificiale non possa essere in grado veramente di 'pensare' nel senso umano del termine. Tuttavia, non è eliminato con ciò il pericolo di un'intelligenza meccanica ovvero sia di una intelligenza che possa standardizzare il pensiero umano allineandolo a quello appunto di sistemi cognitivi artificiali, potenzialmente in grado di riontologizzare persino l'essere umano stesso, nel ridefinire effettivamente cosa esso sia.

A mio parere, sarà di fondamentale importanza considerare non solo la tematica dell'intelligenza artificiale, ma anche, in termini di portata e conseguenze giuridiche, l'eventualità di una coscienza artificiale, al fine di evitare possibili complicazioni future²³⁸. Infatti, l'approfondimento della

²³⁸ R. Arrabales, A. Ledezma and A. Sanchis, *Establishing a roadmap and metrics for conscious machines development*, in I. Bacil, Y. Wang, Y.Y. Yao, W. Kinser, K. Chan., L. A. Zadeh (a cura di), *8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics, Hong Kong, China*, IEEE, 2009, pp. 94 – 101; P. Butlin et al., *Consciousness in Artificial Intelligence: Insights from the Science of Consciousness*, 2023, in arXiv:2308.08708, visitato il 28 Agosto 2023; G. Buttazzo, *Coscienza*

prospettiva di una coscienza artificiale introduce una dimensione di complessità che va al di là della mera elaborazione avanzata delle informazioni. La creazione di sistemi in grado, non solo di svolgere elaborazioni complesse, ma anche di manifestare una forma di coscienza, solleva interrogativi cruciali in merito alle più disparate tematiche quali ad esempio le implicazioni etiche, l'autonomia, fino a riconsiderare categorie giuridiche come la responsabilità. Sarebbe opportuno tenere in considerazione attentamente gli impatti legali che potrebbero scaturire da un sistema cognitivo artificiale cosciente, considerando approcci normativi in grado di preservare e regolare adeguatamente i diritti e le responsabilità connessi. Inoltre, è imperativo adottare, parallelamente, approcci interdisciplinari che coinvolgano un dialogo sinergico tra diverse discipline, quali filosofia, intelligenza artificiale, scienze cognitive e scienze giuridiche. Questo è essenziale per definire prima, e regolamentare poi, i concetti emergenti di una 'nuova' realtà, in cui fanno capolino finanche pericolose tesi transumanistiche, in cui i valori giuridici sono completamente sopraffatti da giudizi di valore etico da parte di una ristretta cerchia di individui, in cui il concetto di antropocentrismo viene negativamente estremizzato²³⁹.

artificiale: missione impossibile, in 'Il mondo digitale', n. 1, 2002, pp. 16 – 25; E. Carli, D. Davidson, A. Damasio, D. Dennett, *Cervelli che parlano. Il dibattito su mente, coscienza e intelligenza artificiale*, Bruno Mondadori, 1997, pp. 237; D. Chalmers, *Facing Up to the Problem of Consciousness*, in 'Journal of Consciousness Studies', vol. 2, n. 3, 1995, pp. 200 – 219; P. Haikonen, *The cognitive approach to conscious machines*, Imprint Academic, 2003, pp. 306; R. Jackendoff, *Coscienza e mente computazionale*, Il Mulino, 1990, pp. 483; C. Koch, *What Is Consciousness?*, in 'Nature', n. 557, 2018, pp. S8-S12; M. Matteuzzi, F. Bianchini, (a cura di), *Percezione, linguaggio, coscienza*, in 'Discipline Filosofiche', vol. 14, n. 2 2004, pp. 149; L. Mudrik, M. Mylopoulos, N. Negro, A. Schurger, *Theories of consciousness and a life worth living*, in 'Current Opinion in Behavioral Sciences', vol. 53, 2023, in <https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2023.101299>; J. Searle, *L'intelligenza artificiale e gli studi sulla coscienza*, in F. D'Alessandro (a cura di), *L'uomo alla ricerca della verità: filosofia, scienza, teologia: prospettive per il terzo millennio: conferenza internazionale su scienza e fede, Città del Vaticano, 23- 25 maggio 2000*, Vita e Pensiero, 2005, pp. 201 – 213.

²³⁹ Cfr. M. Bertolaso, L. Valera, *Verità e fiducia nell'era del transumanesimo*, in 'Scio', n. 15, 2018, pp. 97 – 122; R. Braidotti, *Il postumano. La vita oltre l'individuo, oltre la specie, oltre la morte*, DeriveApprodi, 2014, pp. 223; L. Pallazani, *Il potenziamento umano. Tecnoscienza, etica e diritto*, Giappichelli Editore, 2015, pp. 246; E. Perrucchiotti, *Cyberuomo: dall'intelligenza artificiale all'ibrido uomo-macchina l'alba del transumanesimo e il tramonto dell'umanità*, Arianna Editrice, 2019, pp. 221; G. Scarafile, *Una ordinaria rarefazione. Brevi cenni sul nesso tra tecnologia e natura umana nell'orizzonte del transumanesimo*, in 'Persona y Derecho', vol. 84, n. 1, 2021, pp. 55 – 73; G. Stile, *Transumanesimo. Una introduzione all'idea di evoluzione autodiretta*, in 'Laboratorio dell'ISPF rivista elettronica di testi, saggi e strumenti', vol. 12, 2015,

Ritornando all'analisi condotta prima di accennare alla tematica della coscienza, è comunque da precisare, e magari da fornire come supporto migliorativo alla tesi del filosofo coreano, come, da un punto di vista meramente tecnologico, nonostante alcuni aspirino al raggiungimento di una AGI, attraverso le reti neurali artificiali, la trasferibilità di un modello di rete neurale artificiale ottimizzato tra domini di dati specifici non è paragonabile a quanto fatto dall'apprendimento umano. L'apprendimento umano è in grado di adattare modelli interpretativi tra campi diversi, mentre la trasferibilità di un modello di rete neurale artificiale ottimizzato tra domini di dati specifici è, ad oggi, ancora limitata. Questa differenza sottolinea il divario ancora oggi esistente tra il modo di pensare specializzato macchinico, se ancora di pensiero si vuole parlare, ed il pensiero generalista umano.

4. *Le 'leggi naturali' dell'iperstoria*

È necessario ancora un ultimo passaggio, riguardante l'infosfera floridiana, per quanto riguardi un argomento già in precedenza accennato, ma con connotazione diversa, ossia il concetto di tempo. Del ruolo di quest'ultimo ed alla sua informatizzazione, Floridi da una lettura diversa, rispetto a quella presentata precedentemente, tanto che introduce il concetto di "*iperstoria*"²⁴⁰. A ben vedere, la storia è strettamente legata al mondo dell'informazione, in quanto null'altro è se non la narrazione delle azioni umane nel tempo. Infatti, il passaggio dalla preistoria alla storia è convenzionalmente individuato nel momento in cui l'umanità ha utilizzato la scrittura per registrare il presente a fini futuri.

Sono così sviluppate le tecnologie dell'informazione e della comunicazione le quali, attraverso l'invenzione della stampa, trovano il modo iniziale per distribuire massivamente le informazioni scritte. La

pp. 1 – 12; G. Vatinno, *Il transumanesimo: una nuova filosofia per l'uomo del XXI secolo*, Armando, 2010, pp. 126.

²⁴⁰ Cit. L. Floridi, *op. cit.*, 2017, p. 3.

rivoluzione digitale, con l'avvento dei computer, permette, ad oggi, una terza fase delle ICT, dunque, non solo la registrazione e la distribuzione, ma anche il processare automaticamente le informazioni, affidata alle ICT digitali. Le odierne piattaforme digitali non sono più semplici mezzi di comunicazione, ma un vero e proprio spazio pubblico in continua evoluzione; si parla in questo contesto di datificazione, ovvero della *“capacità delle piattaforme di trasformare in dati aspetti del mondo mai quantificati prima”*²⁴¹. Floridi, nel descrivere questo nuovo tempo, sottolinea come nella società attuale si stia radicando sempre più questa dipendenza dalle ICT e dai dati ed informazioni di cui si ciba. Tuttavia, nonostante la capacità di elaborare dati sia in costante aumento e diventi più economica, la quantità di dati supera attualmente la capacità di archiviazione e la velocità di comunicazione disponibili.

Prima di affrontare tale problematica, è necessario sottolineare come queste enormi quantità di dati utilizzati, in termini di *zettabyte*, dalle ICT permettono di sfruttare le potenzialità dell'intelligenza artificiale attraverso quei sistemi di HCI (*Human-Computer Interaction*), sistemi attraverso cui gli esseri umani ed i sistemi cognitivi artificiali riescono a scambiare informazioni. Nell'ambito delle interazioni tra esseri umani e computer, è importante notare come un processo più efficiente possa richiedere una capacità computazionale sempre maggiore da parte delle ICT coinvolte. Questo fenomeno deriva dal fatto che, anche per compiti apparentemente basilari, sono necessarie notevoli quantità di istruzioni al secondo. Di conseguenza, sorge una sfida nell'adeguare nuovi sistemi operativi a dispositivi informatici più datati. Inoltre, è cruciale considerare come questi sistemi cognitivi artificiali siano in grado, a loro volta, di generare elevatissime quantità di dati. Come sottolinea Floridi, la creazione di tali modelli di iterazione, nell'analizzare i dati ricevuti, possono comportare anche rischi in quanto, nell'ottimizzare i processi, *“espandono l'orizzonte*

²⁴¹ Cit. J. van Dijck, T. Poell, M. Waal, *Platform society. Valori pubblici e società connessa*, Guerini scientifica, 2019, p. 77.

*degli eventi e dei comportamenti prevedibili e, pertanto, anticipabili. Ciò solleva un problema etico*²⁴².

Più che etico, a mio avviso, il problema, come già evidenziato, dovrebbe essere posto sotto la lente prettamente giuridica, poiché quest'orientamento direzionale potrebbe condurre a derive antropologiche e sociali.

La tematica, precedentemente accennata in Han sulle cose, è trattata, a sua volta, anche da Floridi. Egli sottolinea come la transizione dal concetto di oggetti unici a quello di tipologie di oggetti, che trova i relativi prodomi nella rivoluzione industriale, abbia generato beni industriali perfettamente riproducibili ed indistinguibili fra loro; ciò produce i suoi effetti nel percepire standard ideali ed uniformi in qualsiasi aspetto, interno o esterno, del nostro vivere. Questa situazione è stata esasperata dalla digitalizzazione, in cui la tendenza alla dematerializzazione ed alla standardizzazione ha riguardato gli individui, finendo per intaccare l'identità personale stessa. Condividendo, da un punto principalmente contenutistico, tale analisi, per il filosofo italiano: *“Il rischio è quello di iniziare a comportarsi e a rappresentare sé stessi come anonimi prodotti di massa, esposti online a miliardi di altri simili individui. E a concepire ogni altra persona come un fascio di tipologie, dal genere alla religione, dal ruolo familiare alla posizione di lavoro, dall'educazione alla classe sociale. Inoltre, dato che nell'infosfera siamo sempre più invitati, se non spinti, in quanto utenti, a fare affidamento su indicatori invece che su reali esperienze (non possiamo d'altronde provare tutti i ristoranti della città, cosicché facciamo affidamento sulle raccomandazioni online in quanto indicatori di qualità), condividiamo e promuoviamo una cultura dei proxy. Naturalmente, tale processo alimenta ulteriormente l'industria della pubblicità e la sua nuova dialettica del materialismo virtuale. E, in modo altrettanto naturale, finisce per applicarsi a noi stessi. In una cultura proxy, possiamo facilmente essere de-individualizzati e trattati come un tipo (un tipo di consumatore, un tipo di autista, un tipo di cittadino, un tipo di paziente, un tipo di persona che*

²⁴² Cit. L. Floridi, *op. cit.*, 2017, p. 17.

vive a quell'indirizzo postale, che guida quel tipo di auto, che va a quel tipo di ristorante ecc.). Tali proxy possono essere inoltre utilizzati per re-identificarci in quanto specifici consumatori a scopi personalizzati”²⁴³.

Se per Floridi non è chiaro se questo possa essere moralmente problematico, per chi scrive, questo scenario potrebbe portare ad una grande problematica antropologico-sociale sulla quale è necessaria una riflessione da parte del mondo del diritto; tutto ciò, non senza prima comprendere, come si sta cercando di fare in queste pagine, come le tecnologie dell'informazione condizionino le nostre identità e la percezione di noi stessi²⁴⁴. È infatti da sottolineare come “la nozione di automazione non cattura, in effetti, in maniera soddisfacente quanto sta avvenendo [...] Se questa calcolabilità trasformata è automazione, allora dobbiamo comprendere la specifica realtà contemporanea di un'automazione per come riconfigurata dall'apprendimento automatico. Non possiamo condurre un'analisi critica di come il calcolo automatizzerà le future decisioni senza mettere in questione le nozioni stesse di calcolo e di

²⁴³ Cit. Ivi, pp. 25 – 26.

²⁴⁴ Su questo particolare tema dell'identità personale nel mondo digitale, tra gli altri cfr. R. Brighi, F. Di Tano, *Identità, anonimato e condotte antisociali in Rete. Riflessioni informatico-giuridiche*, in ‘Rivista di filosofia del diritto’, n. 1, 2019, pp. 183 – 204; M. F. Cocuccio, *Il diritto all'identità personale e l'identità “digitale”*, in ‘Diritto di Famiglia e delle Persone (II)’, n. 3, 2016, pp. 949 – 960; J. P. Fourmentraux, (a cura di), *Identités numériques: Expressions et traçabilité*. CNRS Éditions, 2015, pp. 240; A. Granelli, *Il sé digitale identità, memoria, relazioni nell'era della rete*, Guerini e associati, 2006, pp. 223; M. Iaselli, *L'identità digitale nel metaverso*, in ‘Democrazia e Diritti Sociali’, n. 1, 2023, pp. 33 – 46; V. Luise, *Digital nomad lifestyle: a liminal experience of identity transition*, in ‘Sociologia del lavoro’, n. 162, 2022, pp. 208 – 228; I. Marcolongo, L. Piatti, A. Bossi, *Internet governance: una questione di digital trust*, in ‘Rivista italiana di informatica e diritto’, vol. 4, n. 1, 2022, pp. 241 – 250; S. Micali, *The Simulacrum and the Copy. The Contemporary Imagination of the Artificial Being*, in ‘Between’, vol. 12, n. 24, 2022, pp. 359 – 379; A. Ortalda, S. Leucci, *Identità digitale e protezione dei dati personali: punti di incontro e rischi nelle discipline eIDAS e RGPD*, in ‘Rivista italiana di informatica e diritto’, vol. 4, n. 1, 2022, pp. 145 – 155; G. Pino, *Il diritto all'identità personale. Interpretazione costituzionale e creatività giurisprudenziale*, Il Mulino, 2003, pp. 228; O. Pollicino, V. Lubello, M. Bassani, *Identità ed eredità digitali: stato dell'arte e possibili soluzioni al servizio del cittadino*, Aracne Editrice, 2016 pp. 176; G. Resta, *Identità personale e identità digitale*, in ‘Il diritto dell'informazione e dell'informatica’, vol. 23, n. 3, 2007, pp. 511 – 531; S. Rodotà, *Tecnopolitica. La democrazia e le nuove tecnologie della comunicazione*, Editori Laterza, 2004, pp. 210; D. Sisto, *Gli spettri digitali della persona: vivere e mai morire online*, in J. Ponzio, G. Vissio, (a cura di), *Culture della persona: itinerari di ricerca tra semiotica, filosofia e scienze umane*, Accademia University Press, 2021, pp. 179 – 198; V. Zeno-Zencovich, voce *Identità personale*, in ‘Digesto discipline privatistiche, sezione civile’, n. IX, Giappichelli, 1993, p. 294.

automazione”²⁴⁵. La scienza computazionale, con i suoi metodi basati su algoritmi e calcolo automatico, potrebbe modificare il ruolo tradizionale dell’essere umano nel processo di acquisizione della conoscenza, così come sempre fatto dalla tecnologia in generale.

Tornando, dunque, alla problematica antropologico-sociale di cui sopra, sottolineo come tale cambio di prospettiva è rinvenibile anche nelle seguenti parole “*si sta progressivamente dissociando il processo di ragionamento (piuttosto che la percezione come in passato) dalle capacità cognitive umane*”²⁴⁶. Tale situazione, nell’iperstoria, è acuita da quel fenomeno, prodotto dell’infosfera, che Floridi chiama *amnesia digitale*²⁴⁷, in relazione al quale, il rapporto ICT – *big data*, viene estremizzato da due fattori.

Il primo fattore riguarda la tematica della qualità della memoria digitale delle ICT la quale, per caratteristiche intrinseche, è un “*genere di memoria che dimentica. Queste tecnologie divengono rapidamente obsolete, sono volatili e riscrivibili. Il rischio è che le differenze siano cancellate, le alternative amalgamate, il passato costantemente riscritto e la storia ridotta a un perenne qui e ora. Quando la maggior parte della nostra conoscenza è nelle mani di tale memoria che dimentica, possiamo trovarci imprigionati in un eterno presente*”²⁴⁸. Il problema è da ravvisare, in particolare, nella limitata capacità di archiviazione fisica dei dati prodotti, allorché il dilemma si sposta su cosa deve essere cancellato, riscritto o anche non registrato. Normalmente, le nuove informazioni tendono a soppiantare le vecchie, creando un buco nero nella stessa narrazione quotidiana di ciò che accade al mondo e nel mondo. Se, infatti, la storia è narrazione delle informazioni, allora, in una società di informazioni è necessario avere un appiglio su cui fondare valori sociali iscritti e frutto di un evolvere che ha avuto il tempo di sedimentarsi nelle diverse culture sociali. Se, dunque, la problematica della conservazione delle informazioni fisiche si è cercata di risolverla

²⁴⁵ Cit. A. Mackenzie, *Machine Learners. An Archeology of a Data Practice*, The MIT Press, 2017, p. 8.

²⁴⁶ Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2019, p. 19.

²⁴⁷ Cit. L. Floridi, *op. cit.*, 2017, p. 18.

²⁴⁸ Cit. Ivi, p. 19.

proprio con la digitalizzazione, ad oggi, a causa della maggiore quantità di dati e del processo di elaborazione di questi, l'iperstoria ne paga le conseguenze in quanto ha da tempo superato lo spazio di memoria precedentemente disponibile. Da quanto risulta dalle mie ricerche, sebbene non esista un termine codificato per questa legge di progressiva riduzione della memoria, sembra che il divario raddoppi ogni anno²⁴⁹. Risulta dunque fondamentale acquisire una migliore comprensione di quali dati siano degni di conservazione e cura e quali no; di questa situazione dovrebbe prendersene carico chi gestisce gli interessi dei cittadini, piuttosto che soggetti economici privati, vista la differenza di valori ed interessi in gioco.

Il secondo fattore da tenere presente riguarda il concetto di connettività; in assenza di questa caratteristica, i sistemi cognitivi artificiali, o anche i più semplici computers, vedrebbero la loro utilità decrescere vertiginosamente. Sul valore di questo fattore si sono susseguite diverse teorie fra cui la cd. Legge di Metcalfe; trattasi di una generalizzazione per cui il valore di una rete è proporzionale al quadrato del numero di nodi connessi in un sistema (n^2). Allo stesso modo, la legge di Moore evidenzia una crescita esponenziale nella capacità di elaborazione dei computer.

²⁴⁹ Cfr. *Ibidem*; inoltre, stanno sempre più emergendo studi sulla fisica quantistica ed in particolare su quella branca che è l'informatica quantistica. Secondo gli studi in materia, a differenza delle memorie odierne, che utilizzano bit (0 o 1) come unità di informazione, le memorie quantistiche utilizzano qubit, che possono esistere in stati sovrapposti di 0 e 1 contemporaneamente. Tuttavia, l'utilizzo di questa fisica cambia totalmente il paradigma odierno essendo i metodi di calcolo utilizzati dai computer quantistici non astrattamente prevedibili, sovvertendo l'idea di un mondo fatto di cose. I prossimi anni, qualora questi strumenti troveranno diffusione, saranno fondamentali affinché si possa garantire quella tutela giuridica che ancora oggi fatica a trovare una quadra con gli attuali sistemi prossimamente obsoleti. Per un approfondimento parziale sulla tematica: cfr. C. Accoto, *Il mondo in sintesi*, Egea, 2022, pp. 66 – 91; W. M. Baldoni, C. Ciliberto, G. M. Piacentini Cattaneo, *Aritmetica, crittografia e codici* Springer, 2006, pp. 441 – 466; E. de Jong, *Own the Unknown: An Anticipatory Approach to Prepare Society for the Quantum Age*, in 'Digital society', vol. 1, art. 15, 2022, pp. 23; C. Hoofnagle, S. Garfinkel, *Law and Policy for the Quantum Age*, Cambridge University Press, 2022, pp. 602; W. H. J. Hubbard, *Quantum Economics, Newtonian Economics, and Law*, in 'Michigan State Law Review', n. 425, 2018, pp. 425 – 480; W. G. Johnson, *Governance tools for the second quantum revolution*, in 'Jurimetrics', Vol. 59, n. 4, 2019, pp. 487 – 522; M. Kop, *Establishing a Legal-Ethical Framework for Quantum Technology*, in 'Yale Journal of Law & Technology (The Record)', 2021, in <https://ssrn.com/abstract=3814422>; M. Kop, *Quantum-ELSPI: A Novel Field of Research*, in 'Digital society', vol. 2, art. 20, pp. 17, 2023 in <https://doi.org/10.1007/s44206-023-00050-6>; M. Kop et al., *10 Principles for Responsible Quantum Innovation* in 'Quantum Science and Technology', 2023, in <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4475556>; C. Rovelli, *Helgoland*, Adelphi, 2020, pp. 233; A. C. Sparavigna, *La Logistica del Computer Quantistico e l'Informatica Relativa*, Zenodo, 2022, pp. 174; M. Wimmer, T. G. Moraes, *Quantum Computing, Digital Constitutionalism, and the Right to Encryption: Perspectives from Brazil*, in 'Digital society', vol. 1, art. 12, 2022, pp. 22.

Tuttavia, queste leggi delineano principalmente la complessità delle reti, concentrandosi sul numero di collegamenti possibili rispetto al numero di nodi. Appare fondamentale sottolineare come sebbene la comunicazione richieda una connessione, la sua efficacia è strettamente dipendente dalla velocità di trasmissione.

A tal riguardo, dunque, può essere utile quanto osservato dall'informatico danese Jacob Nielsen riguardo la velocità delle connessioni di rete per gli utenti domestici, ovvero che questa cresce approssimativamente del 50% all'anno, raddoppiando ogni circa 21 mesi. Nonostante questo, al giorno d'oggi, evidenzia come la crescita della velocità di connessione non è sufficiente a gestire l'incremento della quantità di dati che vogliamo trasferire²⁵⁰, per questo motivo sempre più ci si spinge a trovare soluzioni tecnologiche migliori come ad esempio la connettività 5G, o la futurista 6G, che permetteranno di aumentare ulteriormente la velocità di trasmissione dei dati²⁵¹.

Alla luce di quanto scritto, appare opportuno, iniziare ad intervallare le dissertazioni filosofiche, fulcro di questo scritto, con le azioni intraprese dagli organi europei in materia di intelligenza artificiale e politica dei dati, corollari impliciti.

5. *Il ruolo personale del dato*

Uno degli elementi cruciali dell'intero discorso sostenuto è rappresentato dal ruolo centrale che i dati ricoprono in questa trasformazione digitale. Proprio sull'oggetto di questa affermazione si ripone in questo momento molto dell'attenzione politica e giuridica. Infatti, attraverso la 'Comunicazione n. 66 del 2020', la Commissione europea è andata a

²⁵⁰ Cfr. L. Floridi, *op. cit.*, 2017, pp. 23 – 25.

²⁵¹ Per un approfondimento sul tema, cfr. G. Chili, *Il 5G in dieci punti*, in 'il Mulino, Rivista trimestrale di cultura e di politica', n. 5, 2020, pp. 881 – 890; W. Saad, M. Bennis, M. Chen, *A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems*, in 'IEEE Network', vol. 34, n. 3, 2020, pp. 134 – 142; F. Sarzana di S. Ippolito, F. Marini Balestra, *Comunicazioni elettroniche europee. Direttiva (UE) 2018-1972. 5G, fibra, cybersecurity, concorrenza e tutela degli utenti*, Ipsosa, 2019, pp. 250.

delinare ‘Una strategia europea per i dati’, con l’obiettivo di istituire una strategia generale per le misure politiche e gli investimenti a sostegno dell’economia dei dati per i seguenti cinque anni, che possa essere “*modello di riferimento per una società che grazie ai dati, dispone di strumenti per adottare decisioni migliori, a livello sia di imprese sia di settore pubblico*”²⁵². Invero, questo percorso ha avuto inizio già con l’emanazione del ‘Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati’, in sigla RGPD, (o GDPR in inglese General Data Protection Regulation), ufficialmente Regolamento (UE) n. 2016/679, attraverso il quale, la Commissione europea si pone l’obiettivo di potenziare la salvaguardia dei dati personali dei cittadini dell’Unione europea (UE) e dei residenti nell’Unione europea, sia all’interno che all’esterno dei confini dell’UE stessa. L’obiettivo vorrebbe essere quello di restituire ai cittadini il controllo dei propri dati personali, semplificare il quadro normativo relativo agli affari internazionali e uniformare la normativa sulla tutela dei dati personali all’interno dell’Unione europea.

Emerge chiaramente, come si è già avuto modo di scrivere, un contesto economico e sociale all’interno del mercato interno, il quale ha favorito una crescita esplosiva dei flussi transfrontalieri di dati personali, sia all’interno che al di fuori dell’Unione europea. Il processo di globalizzazione, che coinvolge sia l’economia che le dinamiche sociali, insieme alla rapida evoluzione tecnologica, contribuisce ad un aumento continuo della condivisione e della raccolta di dati personali. Inoltre, tali dati sono messi a disposizione dalle persone stesse, spesso in modo inconsapevole, poiché potrebbero non avere una comprensione effettiva di come, dove e quando vengano utilizzati i propri dati personali. In molti casi, questi dati sono considerati semplicemente come uno strumento per ottenere determinati servizi o finalizzati al raggiungimento di specifici obiettivi²⁵³, o ancora peggio, perché cedere determinati dati è ‘comodo’²⁵⁴.

²⁵² Una strategia europea per i dati. COM (2020) 66 final, 19.02.2020, p. 1.

²⁵³ Sul punto cfr. F. Romeo, *Privacy digitale e governo della tecnica*, in ‘i-lex. Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive e Intelligenza Artificiale’, vol. 11, n. 1, 2017-b, pp. 89 – 90.

²⁵⁴ Ad esempio, si consideri l’uso dell’impronta digitale o della scansione facciale per sbloccare gli smartphone, pratiche diffuse che richiamano implicazioni significative. Senza approfondire in

I dati, quando strutturalmente aggregati, generano informazioni²⁵⁵, diventando sempre più ambiti dagli operatori di mercato; in particolare, a causa della dematerializzazione dei servizi nella società dell'informazione, tali dati sono oggetto di crescente interesse e richiesta da parte degli operatori di mercato, i quali vedono l'opportunità di poter sempre più massimizzare i propri profitti, personalizzando al massimo i propri prodotti, di modo che possano apparire 'su misura'. Si cerca dunque di ottenere tali dati sia attraverso operazioni preventive di raccolta e digitalizzazione, sia tramite le proprie piattaforme digitali, direttamente o indirettamente. Le informazioni, così ottenute, diventano un elemento cruciale per creare valore economico aggiunto, oltre ad essere fonte di nutrimento dei diversi algoritmi.

Il diritto alla protezione dei dati personali costituisce, per di più, un diritto fondamentale, così come stabilito dall'art. 8 della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea. Per questo motivo, il GDPR disciplina il trattamento dei dati personali, indipendentemente dalla loro localizzazione, garantendo la libera circolazione di tali dati. Infatti, l'ambito di applicazione

dettaglio questa tematica, si rimanda a successivi riferimenti. Tuttavia, è importante notare come gran parte dei contributi accademici in materia tenda a porre l'accento sulle problematiche legate alla sorveglianza sociale da parte degli Stati. Si invita pertanto a riflettere attentamente sul coinvolgimento del settore privato in queste dinamiche, considerando le implicazioni etiche e sociali correlate. Cfr. E. Bianda (a cura di), *Focus: Riconoscimento facciale e capitalismo della sorveglianza*, in 'Problemi dell'informazione, Rivista quadrimestrale', n. 2, 2019, pp. 399 – 402; K. Gates, *Our Biometric Future: Facial Recognition Technology and the Culture of Surveillance*, New York University Press, 2011, pp. 276; A. Iannuzzi, F. Filosa, *Il trattamento dei dati genetici e biometrici*, in S. Scagliarini (a cura di), *Il Nuovo Codice in Materia Di Protezione Dei Dati Personali: La Normativa Italiana Dopo il D. Lgs. 101/2018*, Giappichelli, 2019, pp. 113 – 131; F. Mollo, *Il trattamento dei dati biometrici nel quadro della strategia europea dei dati, fra rischi di mass surveillance e tutela dei diritti fondamentali*, in 'Nuovi Autoritarismi e Democrazie: Diritto, Istituzioni, Società', vol. 5, n. 2, 2023, pp. 1103 – 1119; M. Nino, *La normalizzazione della sorveglianza di massa nella prassi giurisprudenziale delle Corti di Strasburgo e Lussemburgo: verso il cambio di paradigma del rapporto privacy v. security*, in 'Freedom, Security & Justice: European Legal Studies', n. 3, 2022, pp. 105 – 133; G. Orwell, 1984, Mondadori, 2019, pp. 325; F. Ratto Tabucco, *I rischi per la libertà personale di una banca dati sui generis: l'acquisizione delle impronte digitali per il passaporto biometrico*, in 'Il Politico', vol. 75, n. 2, 2010, pp. 99 – 132; P. Tincani, *Sorveglianza e potere. Disavventure dell'asimmetria cognitiva*, in 'Ragion pratica, Rivista semestrale', n. 1, 2018, pp. 51 – 78; G. Ziccardi, *Sorveglianza elettronica, data mining e trattamento indiscriminato delle informazioni dei cittadini tra esigenze di sicurezza e diritti di libertà*, in 'Ragion pratica, Rivista semestrale', n. 1, 2018, pp. 29 – 50; ID., *Il ricatto digitale. Geopolitica, sorveglianza e controllo*, in 'il Mulino, Rivista trimestrale di cultura e di politica', n. 4, 2017, pp. 671 – 678.

²⁵⁵ Seguendo l'impostazione data da Shannon, definiamo, così come Romeo, il dato quale l'unità minima dell'informazione mentre quest'ultima è definita come un insieme aggregato di dati. Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017, pp. 39 – 41.

di questa normativa si estende anche al di fuori dell'Unione europea, applicandosi quando il trattamento coinvolge la fornitura di beni o servizi ad individui nell'Unione europea o il monitoraggio del loro comportamento è effettuato all'interno di questi confini geopolitici²⁵⁶. Pertanto, il GDPR imprime un'impronta globale e stabilisce standard 'elevati' per la gestione dei dati personali, cercando di promuovere la trasparenza e la sicurezza nel loro trattamento. Al fine di provare a garantire questa tutela, anche in relazione alle tecnologie odierne, il GDPR, attraverso l'art. 22, tutela lo specifico *processo decisionale automatizzato relativo alle persone fisiche*. Questo articolo stabilisce il diritto dell'individuo a non essere soggetto a decisioni basate esclusivamente su processi automatizzati di elaborazione dei dati, noti come profilazione, che analizzano vari aspetti della propria vita individuale. Attraverso la profilazione, infatti, si possono avere impatti significativi nella sfera privata dell'individuo, rischiando una situazione soggettiva di svantaggio rispetto a quanto sarebbe accaduto senza automazione²⁵⁷. Tuttavia, non essendo vietata *in toto* la profilazione, vi è il riconoscimento della possibilità di prendere decisioni basate su trattamenti automatizzati in contesti specifici, conformemente alla normativa dell'Unione Europea o degli Stati membri. In ogni caso, è cruciale che tali trattamenti siano accompagnati da adeguate garanzie, quali l'informazione dell'individuo interessato, il diritto all'intervento umano, la possibilità di esprimere opinioni, ricevere spiegazioni sulle decisioni prese e contestarle, che devono essere fornite dal titolare del trattamento. Inoltre, al fine di assicurare un trattamento giusto e trasparente dei dati, l'art. 22, par. 2, suggerisce l'utilizzo di procedure matematiche o statistiche adeguate alla profilazione. L'adozione di misure tecniche e organizzative è altresì sottolineata come cruciale per correggere eventuali errori nei dati e mitigare

²⁵⁶ In realtà sarebbe meglio parlare di Spazio Economico Europeo (SEE), sono infatti obbligati all'applicazione ed al rispetto delle norme del GDPR, oltre a tutti gli Stati appartenenti all'Unione europea, anche quei paesi che hanno sottoscritto l'accordo relativo allo Spazio Economico Europeo, cd. SEE, ovvero Norvegia, Liechtenstein ed Islanda.

²⁵⁷ Cfr. F. Banterle, *Pubblicità comportamentale, GDPR e rischi di discriminazione*, in S. Bonavita (a cura di), *op. cit.*, 2018, pp. 11 – 34; E. Longo, *I processi decisionali automatizzati e il diritto alla spiegazione*, in A. Pajno, F. Donati, A. Perrucci, (a cura di), *Intelligenza artificiale e diritto: una rivoluzione? Vol. 1: Diritti fondamentali, dati personali e regolazione*, il Mulino, 2022, pp. 349 – 362.

il rischio di inesattezze, per questo motivo tra i principi prospettati dal GDPR viene ad essere ora rilevante quello previsto dall'art. 25, volgarmente chiamato '*privacy by design*', derivandolo dall'impostazione anglofona²⁵⁸.

La 'protezione dei dati fin dalla progettazione e protezione dei dati per impostazione predefinita', questa la traduzione italiana anche della '*privacy by default*'²⁵⁹, prevede che la tutela dei dati personali avvenga direttamente nei processi di progettazione e sviluppo di sistemi, prodotti e servizi, insomma tale previsione deve perdurare per l'intero ciclo di vita della tecnologia, sino alla sua ultima distribuzione ed alla eliminazione finale. L'idea chiave è quella di incorporare misure di protezione ai dati personali fin dalla fase iniziale del processo di progettazione anziché trattarle come un'aggiunta successiva e riparatoria²⁶⁰, in modo da mitigare il 'rischio' di un'assenza, o di una poca, tutela dei dati personali. Inoltre, questo "*rischio non deve intendersi esclusivamente connesso alla sicurezza del dato personale, quanto anche alla tutela dei diritti e delle libertà fondamentali degli interessati, tanto più messe in pericolo oggi grazie all'incredibile*

²⁵⁸ A questo principio si è soliti anche affiancare il principio della '*privacy by default*' per cui servizi e prodotti devono essere configurati automaticamente in modo che vi sia il livello di protezione dei dati personali possibile per il rispetto del GDPR attivo come impostazione predefinita, senza richiedere alcuna azione aggiuntiva da parte dell'utente. Cfr. A. Tamò-Larrieux, *Designing for Privacy and its Legal Framework. Data Protection by Design and Default for the Internet of Things*, Springer, 2018, pp. 84 – 87; EPDB Linee guida 4/2019 sull'articolo 25 Protezione dei dati fin dalla progettazione e per impostazione predefinita Versione 2.0, 2020.

²⁵⁹ Vedi nota precedente.

²⁶⁰ Cfr. A. Aljerais, M. Barati, O. Rana, C. Perera, *Privacy Laws and Privacy by Design Schemes for the Internet of Things: A Developer's Perspective*, in 'ACM Computing Surveys' vol. 54, n. 5, 2022, pp. 1 – 38; S. Barth, D. Ionita, P. Hartel, *Understanding Online Privacy. A Systematic Review of Privacy Visualizations and Privacy by Design Guidelines*, in 'ACM Computing Surveys', vol. 55, n. 3, 2023, pp. 1 – 37; G. Biancoletto, *La privacy by design: un'analisi comparata nell'era digitale*, Aracne, 2019, pp. 263; F. Bu, N. Wang, B. Jiang, H. Liang, "*Privacy by Design*" implementation: Information system engineers' perspective, in 'International Journal of Information Management', n. 53, 2020; A. Cavoukian, *Privacy by Design. The 7 Foundational Principles*, Information and Privacy Commissioner of Ontario, 2011, in www.privacybydesign.ca/content/uploads/2009/08/7foundationalpr; G. D'Acquisto, M. Naldi, *Big Data e Privacy by design*, Giappichelli, 2017, pp. 230; M. Hildebrandt, *Smart Technologies and the End(s) of Law. Novel Entanglements of Law and Technology*, Edward Elgar, 2016, pp. 296; F. Romeo, *Il limite dei diritti e la forza del diritto. II. Le metaregole della tecnica: Legal Protection by Design*, in 'Diritto, Economia e Tecnologie della Privacy', vol. VII, n. 2 – 3, 2016, pp. 139 – 156; I. S. Rubistein, N. Good, *Privacy by Design: A Counterfactual Analysis of Google and Facebook Privacy Incidents*, in 'Berkeley Technology Law Journal', vol. 28, n. 2, 2013, pp. 1336 – 1343.

*quantità di dati e trattamenti che possono rivelarsi invasivi, discriminatori, incisivi su situazioni giuridiche o di fatto*²⁶¹.

Il legislatore europeo, conformemente al principio di *accountability*, stabilisce che colui che effettua il trattamento, ovvero determina le finalità e i mezzi del trattamento di dati personali, è tenuto a dover tutelare i dati personali degli ‘interessati’²⁶². L’approccio delineato evidenzia una visione di oramai palese e consapevole disparità fra coloro che trattano i dati e colui che ne è l’interessato, nella quale, il GDPR tenta di ridefinire il rapporto tra le parti coinvolte, sostituendo quello che è stata precedentemente una logica di mera aderenza formale agli obblighi di legge, sebbene ne lasci ancora molte tracce²⁶³.

Questo tipo di approccio riflette, a mio parere, l’impostazione della disciplina in termini di tutela del consumatore, laddove si mira a tutelare e salvaguardare i diritti e gli interessi del cittadino inteso come fruitore di beni

²⁶¹ Cit. G. Busia, L. Liguori, O. Pollicino (a cura di), *Le nuove frontiere della privacy nelle tecnologie digitali. Bilanci e prospettive*, Aracne, 2017, p. 12.

²⁶² Cfr. C. Colapietro, *I principi ispiratori del Regolamento UE 2016/679 sulla protezione dei dati personali e la loro incidenza sul contesto normativo nazionale*, in ‘Federalismi.it’, n. 22, 2018, pp. 26 – 30.

²⁶³ Parte della dottrina, come ad esempio la Califano, sottolineano tale cambio di prospettiva: “dalla logica del mero adempimento formale agli obblighi di legge, per approdare ad un cambiamento culturale importante” Cit. L. Califano, *Il Regolamento UE 2016/679 e la costruzione di un modello uniforme di diritto europeo alla riservatezza e alla protezione dei dati personali*, diritto europeo alla riservatezza e alla protezione dati personali, in L. Califano, C. Colapietro (a cura di), *Innovazione tecnologica e valore della persona: il diritto alla protezione dei dati personali nel Regolamento UE 2016/679*, Editoriale Scientifica, 2017, p. 35. Cfr. E. Belisario, G. M. Riccio, G. Scorza, *GDPR e Normativa Privacy Commentario*, CEDAM, 2022, pp. 310 – 325; V. Cuffaro, R. D’Orazio, V. Ricciuto, (a cura di), *I dati personali nel diritto europeo*, Giappichelli, 2019, pp. 1456; G. D’Orazio, *Protezione dei dati by default e by design*, in S. Sica, V. D’Antonio, G. M. Riccio, (a cura di), in *La nuova disciplina europea della privacy*, CEDAM, 2016, pp. 79 – 110; B. J. Koops, R. Leenes, *Privacy Regulation Cannot Be Hardcoded. A Critical Comment on the ‘Privacy by Design’ Provision in Data-Protection Law*, in ‘International Review of Law, Computers & Technology’, vol. 28, n. 2, 2014, pp. 159 – 171; U. Pagallo, *On the Principle of Privacy by Design and Its Limits: Technology, Ethics and the Rule of Law*, in: S. Chiodo, V. Schiaffonati, (a cura di), *Italian Philosophy of Technology*, in ‘Philosophy of Engineering and Technology’, vol. 35. Springer, 2021, pp. 111 – 127; A. Principato, *Verso nuovi approcci alla tutela della privacy: privacy by design e privacy by default settings*, in ‘Contratto e impresa’, vol. 20, n. 1, 2015, pp. 197 – 229; M. Ratti, *Protezione dei dati fin dalla progettazione e protezione dei dati per impostazione predefinita*, in G. Finocchiaro, G. Resta, O. Pollicino, R. D’Orazio, (a cura di), *Codice della privacy e data protection*, Giuffrè Francis Lefebvre, 2021, pp. 410 – 421.

materiali e di servizi per uso privato, a causa, anche qui di un divario fra il consumatore ed il professionista²⁶⁴.

Altro punto in comune è il campo di azione nel quale queste due discipline, della tutela del consumatore e della tutela dei dati personali, si trovano ad esplicare le loro funzioni, ovvero quello socioeconomico. Se per la prima può apparire di facile lettura, essendo intrinsecamente legata al concetto di mercato, anche nel GDPR, in particolare al considerando 2²⁶⁵, viene sottolineato come la tutela del diritto fondamentale della protezione dei dati personali debba contribuire *“alla realizzazione di uno spazio di libertà, sicurezza e giustizia e di un’unione economica, al progresso economico e sociale, al rafforzamento e alla convergenza delle economie nel mercato interno e al benessere delle persone fisiche”*, mirando a realizzare uno degli obiettivi della succitata COM (2020) 66, e di cui si è già rilevato, laddove l’UE *“può divenire un modello di riferimento per una società che, grazie ai dati, dispone di strumenti per adottare decisioni migliori, a livello sia di imprese sia di settore pubblico”*²⁶⁶ ed ancora *“L’obiettivo è creare uno spazio unico europeo di dati – un autentico mercato unico di dati, aperto ai dati provenienti da tutto il mondo – nel quale sia i dati personali sia quelli non personali, compresi i dati commerciali sensibili, siano sicuri e le imprese abbiano facilmente accesso a una quantità pressoché infinita di dati industriali di elevata qualità, che stimolino la crescita e creino valore, riducendo nel contempo al minimo la nostra impronta di carbonio e ambientale. Dovrebbe trattarsi di uno spazio nel quale il diritto dell’UE possa essere applicato con efficacia e nel quale tutti i prodotti e i servizi basati sui dati siano conformi alle pertinenti normative del mercato unico dell’UE”*²⁶⁷.

²⁶⁴ Su questa specifica disciplina si rimanda parzialmente a: A. Barba, V. Cuffaro, A. Barengi, *Codice Del Consumo e Norme Collegate*, Giuffrè Francis Lefebvre, 2019, pp. 2531; E. D’Apuzzo, *Profili evolutivi della nuova disciplina del commercio*, tesi PhD UniSa, 2011 in <http://elea.unisa.it/handle/10556/197>; G. De Cristofaro, A. Zaccaria, *Commentario breve al diritto dei consumatori*, CEDAM, 2013, pp. 2098.

²⁶⁵ Sul valore giuridico dei considerando cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, pp. 73 – 76.

²⁶⁶ Ripeto la citazione già presente nel testo, ai fini di una migliore resa del concetto espresso in questo contesto.

²⁶⁷ Ivi, p. 5.

Il legislatore europeo consapevole, dunque, dell'importanza che oramai i dati, ancora più quelli di carattere personale, rivestono nell'odierno quadro socioeconomico, ne riconosce il ruolo cruciale che essi svolgono come motore di trasformazione nell'era delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. Assecondando questa consapevolezza, questi si allinea a una *“ideologia del mercato come unica salvezza”*²⁶⁸, riflettendo la crescente centralità del mercato nelle dinamiche globali. Tuttavia, parallelamente, cerca anche di adempiere al ruolo istituzionale di mitigare i rischi che minacciano la tutela dei diritti fondamentali. Per perseguire questo obiettivo, sono state introdotte nel quadro giuridico europeo parziali limitazioni e responsabilità per coloro che operano e gestiscono questo mercato. Queste disposizioni legislative mirano a bilanciare la promozione del mercato come motore di progresso con la necessità di proteggere i diritti fondamentali degli individui, specialmente quando si tratta di dati personali. In questo modo, il legislatore cerca di garantire, anche nei confini di una crescita economica e di sviluppo, che siano accompagnate misure atte a preservare diritti fondamentali dei singoli nel contesto sempre più digitalizzato e interconnesso dell'attuale panorama globale.

6. *Dal dato all'informazione*

La visione appena descritta esplica un delicato equilibrio tra la protezione dei dati personali e gli interessi economici pubblici, soprattutto nell'era dell'informazione digitale. Questa è ben affrontata da Romeo²⁶⁹. Per il contemporaneo filosofo del diritto italiano, questo rapporto si trova in una zona di possibile conflitto, dove gli interessi economici, specialmente a livello sociale, potrebbero andare in contrasto con i diritti individuali alla tutela delle libertà fondamentali e alla realizzazione di sicurezza e giustizia. In particolare, l'autore sottolinea come l'evoluzione verso un ambiente sociale, sempre più digitalizzato ed informatizzato, abbia introdotto nuovi

²⁶⁸ Cit. S. Rodotà, *op. cit.*, Editori Laterza, 2012, p.7.

²⁶⁹ Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b.

comportamenti e beni, portando ad una sfida sottile, e talvolta nascosta, tra la protezione dei dati personali e le esigenze sociali di crescita economica. La posizione legale, limitante il trattamento dei dati, assume che tale trattamento sia lecito per impostazione predefinita. Tuttavia, la tutela dei dati personali, incentrata sulla tutela degli interessi economici pubblici, richiede una costante ponderazione tra interessi pubblici e individuali, creando una limitazione significativa alla tutela della persona in relazione ai dati personali, potendo sempre prevalere l'interesse collettivo, facendo venir meno quello del singolo individuo.

Questa impostazione trae origine dallo stesso diritto alla protezione dei dati di carattere personale, così come evidenziato dal considerando 4 del GDPR. Attraverso la lettura di questo, infatti, la tutela dei dati di carattere personale non è reputata come una prerogativa assoluta, ma deve essere valutata considerando la sua funzione sociale, oltre a dover essere bilanciato con altri diritti fondamentali, nel rispetto del principio di proporzionalità. In particolare, interviene un ulteriore diritto fondamentale che cerca di instaurare un diverso equilibrio; in un contesto a tre attori, dove il legislatore europeo nel ruolo di arbitro del confronto, si cerca di contemperare il diritto alla protezione dei dati con il diritto alla libertà d'impresa. A tal fine, è stato emanato il Regolamento UE 2023/2854²⁷⁰ riguardante norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo, o generalmente chiamato Data Act, il quale, pur riconoscendo una predominanza del GDPR, in materia di dati personali, cerca di incentivare l'uso degli stessi dati personali, oltre a quelli non personali, disciplinandoli e sfruttando questo nuovo petrolio²⁷¹ per poter accrescere il valore economico all'interno dell'Unione europea. È indubbio che le ICT hanno sempre più necessità di dati e che questi oramai sono già stati immessi in circolazione, in particolar modo attraverso la rete Internet. Il Data Act giunge a definire all'art. 4, n. 1 i dati come “*qualsiasi*

²⁷⁰ Il Regolamento diverrà applicabile, a norma dell'art. 50, dal 12 settembre 2025.

²⁷¹ Espressione divenuta di uso comune attribuita allo scienziato inglese Clive Humby, oggetto anche di un briefing presso il Parlamento europeo. Cfr. E. Pedemonte, *Digital Monopolies: What to Do to Defend Ourselves*, in 'DigitCult - Scientific Journal on Digital Cultures', vol. 3, n. 1, 2018, p. 8; M. Szczepanski, *Is data the new oil? Competition issues in the digital economy*, European Parliamentary Research Service, 2020, in [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2020\)646117](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)646117).

rappresentazione digitale di atti, fatti o informazioni e qualsiasi raccolta di tali atti, fatti o informazioni, anche sotto forma di registrazione sonora, visiva o audiovisiva”, spogliandoli di quel connotato tecnico, finora sostenuto, di unità minima dell’informazione o di bit. Questa impostazione supera la distinzione fra dati personali e non, sino ad ora sostenuta, ponendosi in maniera del tutto generalista, avendo la caratteristica semplicemente di essere rappresentazione digitale della realtà, situazione che comunque avviene in quello che è un trattamento inteso, così come previsto dalle attuali definizioni normative. Risulta quindi evidente che nell’evoluzione normativa in corso, persiste ancora la distinzione concettuale tra reale e virtuale, come se quello che accade digitalmente non sia direttamente correlato al non digitale, sebbene in questa definizione generale di ‘dato’ rappresenti un *mare magnum*, dove comunque si cerca di dare una tutela definitiva a ciascun elemento digitalizzabile.

Prima di analizzare questa impostazione del Data Act, è necessario fare un passo indietro nella linea temporale normativa ed analizzare quale impostazione sia stata data dal GDPR. In questo, sempre l’art. 4, n. 1, definisce i dati personali come *qualsiasi informazione riguardante una persona fisica identificata o identificabile, direttamente o indirettamente*²⁷². L’articolo 4 identifica il concetto di dato personale come un’informazione associata ad una persona fisica identificata o identificabile, nota come *interessato*. Emerge qui una criticità: in questo caso il diritto ignora, parificando dato ed informazione, quanto la teoria dell’informazione aveva suggellato²⁷³, *“proseguendo in una, culturalmente diffusa, ambiguità semantica che la teoria dell’informazione ha sin dalle origini chiarito”*²⁷⁴. Premettendo che ogni teoria, nella pratica scientifica, possa essere soggetta ad una serie di sviluppi nel tempo, sicché la formulazione di nuove teorie o l’introduzione di nuove evidenze possano portare ad una comprensione più avanzata di un determinato fenomeno o processo, il parificare i due lemmi rappresenta un’approssimazione e semplificazione eccessiva, che non tiene

²⁷² La definizione di dati non personali, invece, è un semplice pleonaso.

²⁷³ Cfr. nota 103.

²⁷⁴ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, p. 74.

conto della vera natura e complessità dell'informazione. Un esempio, azzardato e riduttivo, ma fedele alla linea di ricerca, potrebbe aiutare il lettore a comprendere meglio. S'immagini di considerare i neuroni come i dati nel contesto del cervello umano. Ogni neurone rappresenta un'unità minima di informazione. La loro combinazione ed interconnessione costituisce l'insieme aggregato, che corrisponde all'informazione complessiva del cervello. Affermare equivalenti cervello e neuroni, trascura la complessità delle connessioni e delle interazioni neuronali. In questa analogia, sarebbe come equiparare il singolo neurone al cervello nel suo complesso. Sarebbe un'assurdità, poiché ignorerebbe completamente la struttura intricata e la complessità delle connessioni che rendono il cervello un organo così sofisticato²⁷⁵. Nello stesso modo, parificare il dato e l'informazione in una norma ignora la ricchezza e la complessità che derivano dalla combinazione e dall'organizzazione dei dati.

Ritornando, da questo *excursus* in campi di ricerca dove da poco sto iniziando a sguazzare, verso porti sicuri, posso, dunque, affermare che il legislatore europeo attraverso questa ambiguità terminologica, come fa notare Romeo, conduce all'affermazione che non sia possibile l'esistenza di dati che non siano informazione²⁷⁶. Emerge qui, in modo chiaro e cruciale, l'importanza del processo di trattamento nella trasformazione dei dati in informazione, tenendo ben presente che per trattamento si intende qualsiasi

²⁷⁵ È opportuno specificare nuovamente che l'esempio utilizzato ovviamente non tiene conto della vastità e complessità del sistema nervoso umano, inteso volgarmente come cervello. Provo brevemente, per chi volesse approfondire ulteriormente, delineare sommariamente l'argomento. I neuroni sono cellule specializzate del sistema nervoso che trasmettono segnali attraverso il cervello ed il sistema nervoso per consentire la comunicazione e il coordinamento delle attività del corpo. La comunicazione tra loro avviene attraverso sinapsi, connessioni specializzate che consentono il trasferimento di segnali elettrici e chimici. Quando un neurone invia un segnale elettrico lungo il suo assone, raggiunge la sinapsi, dove rilascia sostanze chimiche chiamate neurotrasmettitori. Questi neurotrasmettitori attraversano lo spazio sinaptico e si legano ai recettori sul neurone successivo, innescando un nuovo segnale elettrico nel neurone post-sinaptico. Questo processo di trasmissione sinaptica consente la comunicazione tra i neuroni e costituisce la base delle funzioni cognitive e sensoriali nel sistema nervoso. Riformulando dunque nuovamente l'esempio, i neuroni corrispondono ai singoli dati mentre le connessioni tra neuroni rappresentano le relazioni che creano un insieme coordinato, cioè l'informazione. Confondere il dato, il neurone individuale, con l'informazione, l'insieme di neuroni, sarebbe analogo a confondere il ruolo specifico di ciascun neurone con il contributo complessivo dell'insieme di neuroni e delle sinapsi nel processo cognitivo del cervello. Tra l'immensa letteratura, cfr. E. Kandel, J. Schwartz, T. Jessel, S. Siegelbaum, A.J. Hudspeth, *Principi di neuroscienze*, Casa editrice ambrosiana, 2014, pp. 1680.

²⁷⁶ Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, p. 75ss.

operazione o insieme di operazioni, compiute con o senza l'ausilio di processi automatizzati e applicate a dati personali o insiemi di dati personali. Nonostante la definizione normativa non menzioni esplicitamente questo fondamentale passaggio, la realtà pratica sottolinea che è proprio attraverso il trattamento dei dati che si manifesta la transizione dalla semplice molteplicità di dati ad un contesto informativo più ampio e significativo. Dunque, è intrinseco nella normativa relativa alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, il concetto cruciale dell'informazione, tanto da poter parafrasare il nome del regolamento come relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo alle informazioni personali²⁷⁷. L'informazione, risultato diretto del trattamento dati, assume un ruolo centrale nella definizione del valore e dell'utilità dei dati stessi.

Nonostante la definizione normativa non espliciti in maniera specifica il ruolo del trattamento nella trasformazione dei dati personali in informazione, tale aspetto viene riconosciuto come di primaria importanza. Il Regolamento, in sintonia con questa considerazione, dedica spazio significativo a disciplinare il trattamento dei dati, fornendo indicazioni dettagliate sui diversi approcci e identificando chiaramente i soggetti coinvolti in questo processo complesso, con le relative responsabilità. In pratica, questa ambiguità terminologica, ma non semantica, fa sì che il trattamento dei dati si riveli come il catalizzatore che trasforma la molteplicità isolata dei dati in qualcosa di più, ovvero in informazione, così come il dato *“assume sempre il significato di entità da trattare per ottenere informazione”*²⁷⁸. Tale situazione, appare evidente, in particolar modo, allorquando ci troviamo, nel cd. ambito digitale, se ha ancora senso effettuare questa distinzione, di fronte ai cd. *big data*; si può affermare che,

²⁷⁷ Così Romeo: “Nonostante la definizione normativa, nell'uso fattone dal Regolamento il lemma ‘dato’ assume sempre il significato di entità da trattare per ottenere informazione. In parte, e tacitamente nei fatti, abbiamo un avvicinamento alle definizioni di dato ed informazione elaborate in ambito di teoria dell'informazione ed in informatica. Forse proprio per questo uso del lemma, nonostante la definizione, nel Regolamento può essere ravvisato il primo statuto europeo dell'informazione, una regolamentazione completa della circolazione dei dati e della creazione, protezione e sfruttamento dell'informazione.” Cit. *Ibidem*.

²⁷⁸ Cit. *Ibidem*.

all'interno di questi vasti set di dati, il valore intrinseco di ciascuna informazione, considerata isolatamente, è notevolmente ridotto. La caratteristica peculiare di questi dati risiede nel fatto che, presi singolarmente, ogni elemento appare di scarso valore o addirittura inutile. Tuttavia, il reale valore dei *big data* emerge quando tali elementi vengono correlati tra loro con molte altre informazioni di piccola entità, apparentemente insignificanti. In questo contesto, la somma delle singole parti contribuisce a creare un quadro informativo più ampio e significativo, oltre che maggiormente invasivo della sfera personale di un individuo. Questa tesi apre interessanti scenari allorché alla definizione di dato aggiungiamo due caratteristiche, volutamente omesse in precedenza nell'analisi, ovvero che il dato/informazione è personale quando riguarda una persona fisica identificata o identificabile, direttamente o indirettamente. Utilizzando il considerando 26 del GDPR, emerge che sia *“auspicabile applicare i principi di protezione dei dati a tutte le informazioni relative a una persona fisica identificata o identificabile. I dati personali sottoposti a pseudonimizzazione, i quali potrebbero essere attribuiti a una persona fisica mediante l'utilizzo di ulteriori informazioni, dovrebbero essere considerati informazioni su una persona fisica identificabile. Per stabilire l'identificabilità di una persona è opportuno considerare tutti i mezzi, come l'individuazione, di cui il titolare del trattamento o un terzo può ragionevolmente avvalersi per identificare detta persona fisica direttamente o indirettamente. Per accertare la ragionevole probabilità di utilizzo dei mezzi per identificare la persona fisica, si dovrebbe prendere in considerazione l'insieme dei fattori obiettivi, tra cui i costi e il tempo necessario per l'identificazione, tenendo conto sia delle tecnologie disponibili al momento del trattamento, sia degli sviluppi tecnologici. I principi di protezione dei dati non dovrebbero pertanto applicarsi a informazioni anonime, vale a dire informazioni che non si riferiscono a una persona fisica identificata o identificabile o a dati personali resi sufficientemente anonimi da impedire o da non consentire più l'identificazione dell'interessato.”*

Il GDPR, dunque, punta molto sul concetto di identificazione dell'individuo, offrendo spunti affinché i singoli dati personali di tale soggetto non siano a lui riconducibili; ma questo apre ulteriori scenari che potrebbero modificare il rapporto dato/informazione. In particolare, il testo normativo offre soluzioni tipo per evitare l'identificazione, suggerendo la pseudonimizzazione e l'anonimizzazione dei dati personali. Tale suggerimento resta però vuoto allorché il considerando 29²⁷⁹, nel promuovere in particolare la pseudonimizzazione sottovaluta che le odierne tecniche informatiche possono comunque estrarre valore e, dunque, inficiare la sfera personale dell'individuo, pur utilizzando dati pseudonimizzati o anonimizzati.

Il GDPR perde una grande occasione in questo, anche perché unendo i significati di dato ed informazione, quando 'ci si sposta in rete' quella tutela del dato personale perde parte della sua 'potenza', potendo essere aggirato attraverso appunto i *big data*. Aspetti critici a riguardo possono essere tecniche di profilazione e di *singling out*²⁸⁰, le quali potrebbero essere risolte con la già analizzata *privacy by design*, ovvero decidendo di implementare direttamente il diritto nella tecnica.

²⁷⁹ Il considerando 29 afferma che: "al fine di promuovere l'uso della pseudonimizzazione nei dati personali, dovrebbe essere consentito l'utilizzo di misure di pseudonimizzazione con la possibilità di un'analisi generale all'interno dello stesso titolare del trattamento. Questa opzione sarebbe consentita a condizione che il titolare del trattamento abbia implementato le adeguate misure tecniche e organizzative per garantire il rispetto del regolamento. Inoltre, le informazioni aggiuntive necessarie per identificare un individuo specifico dovrebbero essere conservate separatamente. Infine, il titolare del trattamento dovrebbe indicare le persone autorizzate all'interno della stessa organizzazione che possono effettuare il trattamento dei dati personali".

²⁸⁰ Cfr. Agenzia dell'Unione europea per i diritti fondamentali, *Preventing unlawful profiling today and in the future: a guide*, Publications Office, 2019, in <https://data.europa.eu/doi/10.2811/770422>; EPDB, *Dichiarazione sul regolamento relativo alla vita privata e alle comunicazioni elettroniche*, n. 3/2021, in https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/statements/statement-032021-eprivacy-regulation_en; Gruppo di lavoro articolo 29 per la protezione dei dati, *Linee guida sul processo decisionale automatizzato relativo alle persone fisiche e sulla profilazione ai fini del regolamento 2016/679*, n. 17/2017, emendate in febbraio 2018, in https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/guidelines/automated-decision-making-and-profiling_it; A. Cohen, K. Nissim, *Towards formalizing the GDPR's notion of singling out*, in 'Proceedings of the National Academy of Sciences', n. 117, 2020; F. Lagioia, G. Sartor, A. Simoncini, in G. Finocchiaro, G. Resta, O. Pollicino, R. D'Orazio (a cura di), *op. cit.*, 2021, pp. 378 – 390; P. Pacileo, *Profilazione e diritto di opposizione*, in S. Sica, V. D'Antonio, G. M. Riccio, (a cura di), *op. cit.*, 2016, pp. 177 – 196; A. Pierucci, *Elaborazione dei dati e profilazione delle persone*, in V. Cuffaro, R. D'Orazio, V. Ricciuto, (a cura di), *op. cit.*, 2019, pp. 413 – 452; T. Tani, *op. cit.*, 2018.

Si sottolinea nuovamente questo principio poiché le maggiori criticità si sollevano allorché i dati sono oggetti di trattamento e sono condivisi attraverso la rete Internet. Quest'ultima infatti essendo un enorme contenitore di dati, nonché una rete di comunicazione, fa sorgere la tutela di un ulteriore diritto fondamentale, ovvero quello di cui all'art. 7 della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, inerente al 'Rispetto della vita privata e della vita familiare' per cui "*Ogni persona ha diritto al rispetto della propria vita privata e familiare, del proprio domicilio e delle proprie comunicazioni*"; e le comunicazioni sono proprio i dati/informazioni che il GDPR tutela come dati personali.

7. *Il rischio della perdita di significato per l'identità.*

L'argomento oggetto del paragrafo precedente ricopre, dunque, un rango fondamentale visti i diritti fondamentali messi in campo e che ancora saranno affrontati. In questo contesto, è imperativo non lasciare l'individuo solo, in dipendenza, esclusivamente, del solo consenso che può egli stesso rilasciare al trattamento dei propri dati personali. Sebbene il consenso sia spesso la base di molti trattamenti dei dati, emerge una crisi in cui gli utenti raramente leggono o comprendono le informative sul trattamento dei dati.

Questo fenomeno può essere attribuito a sovraccarichi informativi, richieste eccessive di consenso ed alla mancanza di effettive possibilità di scelta²⁸¹. Gli utenti sono, per l'appunto sottoposti a queste dinamiche da parte degli stessi titolari del trattamento, il che impedisce loro di tutelare non solo i propri dati personali, ma l'intera propria sfera personale. Questo diritto alla riservatezza va oltre la mera identificazione nella tutela dei dati personali, bensì comprende la protezione dell'intera dimensione personale dell'individuo. Così Romeo: "*La riservatezza diviene un interesse da*

²⁸¹ Cfr. G. Resta, V. Zeno-Zencovich, *Volontà e consenso nella fruizione dei servizi in rete*, in 'Rivista trimestrale di diritto e procedura civile', vol. 72, n. 2, 2018, pp. 411 – 440.

*tutelare giuridicamente nel momento in cui la tecnologia distrugge i limiti naturali all'irrompere sociale nella vita degli individui*²⁸².

Il diritto alla riservatezza tocca l'individuo nella sua sfera più intima e personale, persino psichica²⁸³, finendo per coincidere con quel *right to be alone*²⁸⁴ introdotto dagli avvocati statunitensi Warren e Brandeis nel 1890, punto d'inizio, allorquando si intende affrontare il concetto di *privacy*. Sebbene al giorno d'oggi *privacy* e protezione dei dati personali siano spesso utilizzati come sinonimi, questi due lemmi riguardano tutele diverse, mantenendo una distinzione ontologica netta, così come è stato evidenziato in precedenza attraverso il richiamo all'art. 7 della Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea; articolo lapalissianamente diverso dall'art. 8, che per l'appunto tutela la protezione dei dati personali. È indubbio che questi due articoli siano indissolubilmente legati, in quanto con la tutela del secondo si può garantire la tutela del primo, ma è doveroso precisare che il diritto alla riservatezza o alla *privacy* si basa sull'interesse degli individui ad esercitare un ragionevole controllo su come si presentano agli altri, al fine di costruire e mantenere diverse relazioni sociali. Ridurre però tale aspetto alla mera sfera sociale, come già Warren e Brandeis notarono, è limitante, in quanto la riservatezza ha un valore intrinseco ed individuale tale che la divulgazione indesiderata di pensieri, stati d'animo e sentimenti può causare notevoli sofferenze agli individui, oltre ad essere considerata sbagliata di sé²⁸⁵. Diritto alla riservatezza che, appunto, con lo sviluppo tecnologico e l'intromissione capillare delle ICT, è oramai compromesso²⁸⁶, non servendosi più del singolo dato personale, bensì di

²⁸² Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, p. 81.

²⁸³ Cfr. G. Gometz, *La privacy della mente: alcune riflessioni sul rapporto tra protezione dei dati personali e libertà di pensiero*, in 'Stato, Chiese e pluralismo confessionale', n. 17, 2020, pp. 114 – 135.

²⁸⁴ Cfr. S. D. Warren, L. D. Brandeis, *The Right to Privacy*, in 'Harvard Law Review', vol. 4, n. 5, 1890, pp. 193 – 220.

²⁸⁵ Cfr. A. Marmor, *What Is the Right to Privacy?*, in 'USC Law Legal Studies Paper', n. 14-13, 2014, pp. 1 – 23; T. Scanlon, *Thomson on Privacy*, in 'Philosophy and Public Affairs', n. 4, 1975, pp. 315 – 322.

²⁸⁶ I fattori che rappresentano questo sviluppo tecnologico sono rappresentati sicuramente dalla potenziale capacità di riprodurre completamente la realtà in un ambiente virtuale attraverso tecniche basate su dati digitali, compresa la realtà personale; dal notevole aumento nella raccolta di dati personali e dall'incremento e la diffusione della comunicazione di tali dati. Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b; G. Ziccardi, *Internet, controllo e libertà. Trasparenza, sorveglianza e segreto nell'era*

tutti i dati utilizzati per poter ottimizzare la vita umana. A ben vedere, l'avanzare della tecnologia informatica ha segnato il cammino della graduale diluizione del controllo individuale sulla diffusione di informazioni relative alla propria vita privata ed alla propria persona. In questa dinamica, il diritto non sempre, attraverso il suo approccio, è stato in grado di fornire risposte adeguate, evidenziando le sfide nel confrontarsi con una realtà in continua evoluzione. Si permette, dunque, l'abbattimento di quella riservatezza che garantiva all'individuo di essere individuo. Le ICT ed i sistemi cognitivi artificiali intervengono direttamente sui singoli dati, creando informazione e generando significati sugli individui, significati che possono persino giungere a ledere l'autodeterminazione di un soggetto²⁸⁷, intaccando anche l'aspetto fondamentale della libertà psichica e dei dati da cui afferisce informazioni; ridefiniscono le dinamiche relazionali tra gli individui a causa di questa influenza pervasiva, introducendo nuove modalità di controllo. Attraverso l'utilizzo di algoritmi complessi e poco trasparenti, queste tecnologie implementano strategie di potere che influenzano gruppi e, talvolta, l'intera popolazione, creando correlazioni, differenze e connessioni. Il loro obiettivo principale sembra essere la valorizzazione della personalità degli utenti, manipolando le loro decisioni attraverso sottili e quasi impercettibili spostamenti. Da una situazione individuale, il diritto alla riservatezza diviene interesse collettivo, in particolar modo, allorché questa potenziale perdita della riservatezza può tradursi in una diminuzione o addirittura nella scomparsa della capacità di autodeterminazione degli individui, con il conseguente rischio di una compromissione degli spazi politici democratici, oltre che della libertà di scelta. La stessa concezione di democrazia è oggetto di interrogativi in

tecnologica, Cortina, 2015, pp. 252; S. Zuboff, *Il capitalismo della sorveglianza*, Luiss University press, 2019, pp. 622.

²⁸⁷ Cfr. M. F. De Tullio, *La privacy e i big data verso una dimensione costituzionale collettiva*, in 'Politica del diritto', n. 4, 2016, pp. 637 – 696; F. Maschio, *Autodeterminazione informativa, disposizioni anticipate di trattamento, cittadinanza digitale: evoluzione o frammentazione del quadro giuridico? Spatium cogitandi*, in 'Archivio giuridico sassarese', vol. 25, 2020, pp. 529 – 551; P. Perlingieri, S. Giova, I. Prisco, *Il trattamento algoritmico dei dati tra etica, diritto ed economia atti del 14. Convegno nazionale, 9-10-11 maggio 2019, Grand Hotel Vesuvio, Napoli*, Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane, 2020, pp. 406; G. Pisani, *Piattaforme digitali e autodeterminazione*, Mucchi editore, 2023, pp. 202.

relazione alla digitalizzazione, tuttavia, sorprendentemente, tale questione non è ampiamente dibattuta nella dottrina, come fa notare Romeo²⁸⁸, il quale evidenzia ulteriormente come la mancanza di libertà nella formazione di opinioni e decisioni individuali non venga spesso stigmatizzata o discussa, ma sembra essere accettata o ignorata²⁸⁹.

Non si parla qui di paure infondate bensì di fatti verificati, così come quelli descritti nel saggio di Arrigò del 1986²⁹⁰, o il più recente e mediatico caso Cambridge Analytica²⁹¹. L'impiego di queste tecniche all'interno della sfera individuale dei cittadini è estremamente rischioso, in quanto è possibile influenzare la libera decisione personale, portando a scelte che, pur sembrando consapevoli, potrebbero in realtà condurre a scenari manipolativi. È di fondamentale importanza che si comprenda come questi sistemi cognitivi artificiali non siano dei semplici strumenti tecnologici, i telefoni di ieri non sono gli smartphone di oggi, in quanto al pari di un altro essere umano possono sentire, percepire ed effettuare razionalizzazioni di concetti, né tantomeno lo saranno quelli di domani che magari potranno 'pensare'. Applicare definizioni normative analogicamente, cercando di gestire questo nuovo fenomeno, appare del tutto fuorviante e poco efficace, a maggior ragione se nel Data Act ritroviamo quella definizione di dato. Come già avuto modo di richiamare l'art. 4, n. 1, del Regolamento UE 2023/2854, questo definisce i dati come *“qualsiasi rappresentazione digitale di atti, fatti o informazioni e qualsiasi raccolta di tali atti, fatti o*

²⁸⁸ Cfr. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, p. 91.

²⁸⁹ Cfr. A. Ardigò, *Intelligenza artificiale e controllo sociale*, in A. Ardigò, G. Mazzoli, *Intelligenza artificiale. Conoscenza e società*, Franco Angeli, 1986; pp. 96 – 110; P. L. Di Viggiano, *Democrazia come tecnologia sociale*, in 'Revista Quaestio Iuris', vol. 16, n. 3, 2023, pp. 1921–1945.

²⁹⁰ Cfr. nota precedente.

²⁹¹ Cfr. A. Giannaccari, *Facebook, tra privacy e antitrust: una storia (non solamente) americana*, in 'Mercato Concorrenza Regole, Rivista quadrimestrale', n. 2, 2019, pp. 273 – 292; J. Hinds, E. Williams, A. Joinson, *“It wouldn't happen to me”*: *Privacy concerns and perspectives following the Cambridge Analytica scandal*, in 'International Journal of Human-Computer Studies', n. 143, 2020, art. 102498; M. Hu, *Cambridge Analytica's black box*, in 'Big Data & Society', vol. 7, n. 2, 2020; B. Kaiser, C. Chiappa, *La dittatura dei dati: la talpa di Cambridge Analytica svela come i big data e i social vengono usati per manipolarci e minacciare la democrazia*, Harper Collins, 2019, pp. 429; M. G. Martins, V. A. Tateoki, *Proteção de dados pessoais e democracia: fake news, manipulação do eleitor e o caso da Cambridge Analytica*, in 'Revista Eletrônica Direito e Sociedade', vol. 7, n. 3, 2019, pp. 135 – 148; C. Wylie, *Il mercato del consenso. Come ho creato e poi distrutto Cambridge Analytica*, Longanesi, 2020, pp. 336.

informazioni, anche sotto forma di registrazione sonora, visiva o audiovisiva”; insomma tutto è dato. Qualsiasi elemento della realtà diviene dato. Gli stessi considerando del Data Act evidenziano questa lettura, “i dati rappresentano la digitalizzazione delle azioni e degli eventi degli utenti”²⁹². L’approccio utilizzato, come si nota, è però finalizzato a “rispondere alle necessità dell’economia digitale e di eliminare gli ostacoli al buon funzionamento del mercato interno dei dati, è necessario stabilire un quadro armonizzato che specifichi chi ha il diritto di utilizzare i dati di un prodotto o di un servizio correlato, a quali condizioni e su quale base”²⁹³. Un approccio dunque votato non alla tutela del singolo, per i dati personali può bastare il GDPR²⁹⁴, bensì a permettere che i dati possano circolare come vettore economico di una società in evoluzione: la rivoluzione è iniziata e non possiamo (o non vogliamo) fermarla.

Viene meno quel principio di ‘*Habeas Data*’ discusso inizialmente da colui il quale è ritenuto essere tra i padri fondanti dell’informatica giuridica in Italia, il giurista cibernetico Vittorio Frosini (1922 – 2001). Malgrado l’interpretazione comunemente associata all’*Habeas Data*, che in particolare sotto l’influenza oltreoceano, si riferisce al diritto di un individuo di avere il controllo dei propri dati²⁹⁵, va considerata attraverso un approccio dalle più ampie vedute così come proposto dal filosofo italiano del diritto. Quest’ prospettiva comprendeva un insieme di concetti aggiuntivi, come il concetto di identità informatica e di libertà informatica, concetti che l’*Habeas Data* non può ignorare. In tale contesto, pertanto, l’accezione derivata assume una profondità ulteriore, non limitandosi soltanto alla gestione o controllo dei dati personali, ma estendendosi anche a concetti più ampi²⁹⁶. Infatti, è

²⁹² Considerando 15.

²⁹³ Considerando 4.

²⁹⁴ Considerando 7.

²⁹⁵ Cfr. C. Farivar, *Habeas Data. Privacy vs. the Rise of Surveillance Tech*, Melville House, 2018, pp. 304; J. Wolfson, *The Expanding Scope of Human Rights in a Technological World. Using the Interamerican Court of Human Rights to Establish a Minimum Data Protection Standard Across Latin America*, in ‘University of Miami Inter-American Law Review’, vol. 48, n. 3, 2017, pp. 188 – 232; S. Zuboff, *op. cit.*, 2019.

²⁹⁶ Cfr. T. E. Frosini, *La libertà informatica: brevi note sull’attualità di una teoria giuridica*, in ‘Informatica e diritto’, vol. 17, n. 1 – 2, 2008, pp. 87 – 97; V. Frosini, *I calcolatori elettronici e il nuovo mondo civile*, in ‘Rivista internazionale di filosofia del diritto’, n. 4, 1973, pp. 704 – 711; ID., *La protezione della riservatezza nella società informatica*, in ‘Informatica e diritto’, vol. 7, n.

necessario, come più volte sottolineato, tutelare *“la persona umana dalla minaccia e dall’insidia rappresentate dalla degenerazione del nuovo potere sociale, economico e giuridico, che è il potere informatico; e quindi, la capacità di accumulazione, memorizzazione, elaborazione e trasmissione dei dati informatici personali, che conferisce un potere conoscitivo prima sconosciuto e che consente di attuare una sorveglianza occulta, onnipresente, pervasiva dei comportamenti privati”*²⁹⁷. Ancor di più se oramai il problema non è più individuale ma sociale. La risposta a questo problema, dunque, non può essere limitata all’obbligo di rendere accessibili all’utente i dati, o dir si voglia volgarmente le informazioni, del prodotto e dei servizi correlati²⁹⁸, a maggior ragione se viene introdotta la figura del titolare dei dati, che a differenza dal titolare del trattamento, è colui il quale *“ha il diritto o l’obbligo, [...], di utilizzare e mettere a disposizione dati, compresi, se concordato contrattualmente, dati del prodotto o di un servizio correlato che ha reperito o generato nel corso della fornitura di un servizio correlato”*²⁹⁹.

I dati in questo regolamento, non sono i soli dati personali, ancora tutelati dal GDPR, ma la linea di demarcazione è talmente labile da essere invisibile. L’utente, figura ulteriore rispetto all’interessato³⁰⁰, dovrebbe sempre riuscire a mantenere il controllo dei dati in base alle informazioni dei dati, e dei relativi metadati, forniti dal fabbricante del prodotto connesso o del servizio connesso, ma questa linea individualista, cozza allorquando *“le possibilità messe a disposizione dal GDPR si rivelano insufficienti al fine di garantire l’autodeterminazione del soggetto. Ammettendo che il singolo utente sia in grado di decifrare il funzionamento algoritmico e di opporsi efficacemente all’uso che, di volta in volta, le piattaforme*

1, 1981, pp. 5 – 14; ID., *Il diritto nella società tecnologica*, Milano, Giuffrè, 1981, pp. 332; ID. *La giuritecnica: problemi e proposte*, in ‘Informatica e diritto’, vol. 27, n. 1 – 2, 2018, pp. 37 – 47.

²⁹⁷ Cit. T. E. Frosini, *op. cit.*, 2008, p. 87.

²⁹⁸ Cfr. Art. 3, Reg. UE 2023/2854.

²⁹⁹ Cfr. Art. 4, n. 13, Reg. UE 2023/2854.

³⁰⁰ Ai sensi dell’art. 4, n. 12, Reg. UE 2023/2854, si intende una persona fisica o giuridica che possiede un prodotto connesso o a cui sono stati trasferiti contrattualmente diritti temporanei di utilizzo di tale prodotto connesso o che riceve un servizio correlato; mentre per interessato, ai sensi dell’art. 4, n. 1, è la persona fisica identificata o identificabile cui le informazioni, dati personali, si riferiscono.

*pretendono di fare dei propri dati, egli sarebbe comunque impossibilitato a percorrere delle alternative che favoriscano la propria autorealizzazione*³⁰¹; se poi, in particolar modo, questo dettato diviene un paradigma proveniente da parte istituzionale, nonché da un punto di vista di ‘tutela’ giuridica, la direzione intrapresa sembra inclinarsi verso una condivisione regolamentata dei dati. Tuttavia, è importante comprendere che questa condivisione regolamentata debba essere comunque letta come una richiesta di dati.³⁰² A fondamento ulteriore di questa visione cito: *“il diritto dell’informatica, negli anni successivi, si costruisce a tutela di interessi economici allo sfruttamento del dato, sulla regola della libertà di uso dei dati sulla quale devono operare limitazioni ed eccezioni giuridicamente poste di volta in volta. Il principio generale non è la tutela della libertà informatica né quella della identità informatica, bensì la tutela della libertà di sfruttamento dei dati personali”*³⁰³.

Senza ulteriormente indugiare sull’analisi e la comparazione dei due regolamenti, avendone evidenziato alcune peculiarità fondamentali per questa trattazione, emerge, dunque, come questo approccio rischia di apparire superficiale specialmente se si continua ad attuare tecniche che cercano di *“estendere analogicamente concetti elaborati filosoficamente per*

³⁰¹ Cit. G. Pisani, *op. cit.*, 2023, p. 128.

³⁰² La stessa Commissione europea lo conferma sulla pagina web istituzionale, in <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/data-governance-act-explained>, laddove si afferma che: “Il potenziale economico e sociale dei dati è enorme: può consentire nuovi prodotti e servizi basati su nuove tecnologie, rendere la produzione più efficiente e fornire strumenti per combattere le sfide sociali. Nel settore della salute, ad esempio, i dati possono contribuire a fornire una migliore assistenza sanitaria, migliorare i trattamenti personalizzati e aiutare a curare malattie rare o croniche. È anche un potente motore per l’innovazione e nuovi posti di lavoro e una risorsa fondamentale per le start-up e le PMI. Tuttavia, questo potenziale non si sta realizzando. La condivisione dei dati nell’UE rimane limitata a causa di una serie di ostacoli (tra cui la scarsa fiducia nella condivisione dei dati, le questioni relative al riutilizzo dei dati del settore pubblico e la raccolta di dati per il bene comune, nonché gli ostacoli tecnici). Per sfruttare veramente questo enorme potenziale, dovrebbe essere più facile condividere i dati in modo affidabile e sicuro. Il Data Governance Act (DGA) è uno strumento intersettoriale che mira a regolamentare il riutilizzo dei dati pubblici e protetti, potenziando la condivisione dei dati attraverso la regolamentazione di nuovi intermediari di dati e incoraggiando la condivisione dei dati per scopi altruistici. Sia i dati personali che quelli non personali rientrano nell’ambito di applicazione della DGA e, per quanto riguarda i dati personali, si applica il regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR). Oltre al GDPR, le garanzie integrate aumenteranno la fiducia nella condivisione e riutilizzo dei dati, un prerequisito per rendere disponibili più dati sul mercato”.

³⁰³ F. Romeo, *Dalla Giuritecnica di Vittorio Frosini alla Privacy by Design*, in ‘Informatica e diritto’, vol. 15, n. 2, 2016, p. 17.

*un uomo e per una realtà così diversi, risultando operazione densa di incognite e minacce, per i risultati sociali ai quali essa può condurre*³⁰⁴.

Non basta la volontà del soggetto nel rilasciare i suoi dati se poi rischia di non poter utilizzare un prodotto o un servizio; al giorno d'oggi il cd. effetto di rete³⁰⁵ rischia di estromettere un individuo dalla vita sociale, innescando oramai una sorta di ricatto socioeconomico per cui gli individui sono portati a cedere sempre più. Si assiste ad un'erosione dei diritti fondamentali individuali, come ad esempio già avvenuto per il diritto di proprietà che muta la sua ontologia per cui, la relazione proprietà, possesso ed uso subisce un'economia in cui, a fronte della vastità dei prodotti da poter usufruire si privilegia una temporanea fruizione rispetto ad una proprietà permanente. Anche questa è perdita di controllo individuale, poiché la transizione verso le licenze d'uso, pur agevolando l'accesso a una vasta gamma di servizi digitali, comporta una cessione di controllo da parte di chi rilascia la licenza, ponendosi in una posizione di dipendenza, assoggettati alle politiche ed alle decisioni delle aziende che forniscono tali licenze. Si assiste ad una crisi totale di vecchi istituti che finiscono per investire persino i processi democratici, nonché il diritto, la normatività e gli organismi legislativi in parte miopi alla portata di tali mutamenti³⁰⁶. *“La nostra privacy è persa, la nostra identità informatica invece esiste, ma dove essa sia custodita, chi la gestisca, quali informazioni contenga, noi non lo sappiamo”*³⁰⁷.

³⁰⁴ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2017-b, p. 93.

³⁰⁵ Visto già precedentemente come Legge di Metcalfe in relazione all'economia dell'informazione, in questa accezione per indicare la viralità di determinati strumenti come piattaforme digitali, strumenti di IoT, ecc. Cfr. G. Sator, *op. cit.*, 2016, p. 9.

³⁰⁶ Cfr. M. Barberis, *Come internet sta uccidendo la democrazia*, Chiarelettere, 2020, pp. 244; Z. Bauman, *Modernità liquida*, Editori Laterza, 2011, pp. 310; V. Frosini, *La democrazia nel XXI secolo*, Ideazione, 1997, pp. 151; G. Gaballo, *L'etica della scienza e lo spirito della democrazia. Tra razionalità finalizzata ai valori e razionalità tecnico-strumentale*, in 'Rivista Trimestrale di Scienza dell'Amministrazione', n. 3, 2021, pp. 1 – 23, in <https://doi.org/10.32049/RTSA.2021.3.08>; G. Gometz, *Piattaforme online e crisi della democrazia: unde malum?*, in 'Parole-chiave', n. 1, 2023, pp. 39 – 50; J. M. Reyes, *Social network, polarizzazione e democrazia: dall'entusiasmo al disincanto*, in E. Vitale, F. Cattaneo (a cura di), *Web e società democratica. Un matrimonio difficile*, Accademia University Press, 2018, pp. 18 – 38; Rodotà, *op. cit.*, 2004; S. Zuboff, *op. cit.*, 2019.

³⁰⁷ Cit. F. Romeo, *op. cit.*, 2016, p. 18.

Facendo giusto un breve accenno, peggio ancora, se come soluzione al controllo dei dati si propone ciò che controllo non è, ovvero quello di ‘mettere in vendita’ l’individuo, attraverso una valutazione economica dei propri dati, od anche la semplice cessione a poter far utilizzare i propri dati. Ritengo che l’idea di trattare i dati personali come merce sia estremamente preoccupante, figlia di una logica esclusivamente capitalista. Questo approccio rischia di compromettere i principi fondamentali di tutela dell’identità individuale, che sono stati al centro dello Stato di diritto per secoli. In primo luogo, una simile proposta minerebbe la dignità umana, riducendo gli individui a meri oggetti di scambio nel mercato dei dati. Ciò potrebbe portare a un degrado del rispetto per la *privacy* e per i diritti individuali, minando i progressi compiuti nella tutela della persona umana. In secondo luogo, l’attuazione di una logica così fortemente orientata al profitto potrebbe perpetuare disuguaglianze sociali ed economiche già esistenti. Le persone con maggiori risorse finanziarie potrebbero acquistare una maggiore protezione della propria *privacy*, mentre coloro che sono economicamente svantaggiati potrebbero essere costretti a sacrificare la propria *privacy* per necessità finanziarie. Infine, una simile visione dei dati personali potrebbe erodere la fiducia nei confronti delle istituzioni e dei sistemi giuridici, minando la coesione sociale ed il rispetto per lo Stato di diritto. È, dunque, essenziale respingere l’idea di mercificare i dati personali e cercare di adottare invece approcci che proteggano e rispettino la dignità e l’autonomia delle persone in questo nuovo contesto digitale, così come sono tutelati gli atti di disposizione del proprio corpo, anche perché se si discute, specialmente di dati genetici e/o biometrici, questi fanno pur sempre parte del proprio corpo³⁰⁸.

³⁰⁸ Cfr. J. M. Cavanillas, E. Curry, W. Wahlster, *New Horizons for a Data-Driven Economy. A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*, Springer, 2015, pp. 312; G. Cerrina Feroni, *Commerciabilità dei dati personali. Profili economici, giuridici, etici della monetizzazione*, il Mulino, 2024, pp. 440; A. Di Cerbo, *L’inquadramento giuridico dei dati personali ceduti per la fruizione dei servizi digitali* in ‘European Journal of Privacy Law & Technologies’, n. 2, 2022, pp. 293 – 304; U. Pagallo, M. Durante, *La politica dei dati il governo delle nuove tecnologie tra diritto, economia e società*, Mimesis, 2022, pp. 376; A. Preta, L. Zoboli, *Intelligenza artificiale ed economia dei dati. Profili regolatori e concorrenziali in tema di accesso e condivisione dei dati*, in ‘Analisi Giuridica dell’Economia, Studi e discussioni sul diritto dell’impresa’, n. 1, 2019, pp. 213 – 224; V. Ricciuto, *Lo scambio dei dati con i contenuti e i servizi*

Il punto di vista appena descritto appare perfettamente in linea con quanto di seguito. Infatti, in chiave totalmente filosofica e sociale, il già citato Han, sulla scia del ‘capitalismo della sorveglianza’ di Zuboffiana matrice, acuendo quanto finora si è scritto, parla di ‘regime dell’informazione’³⁰⁹. Questo regime ‘dataista’³¹⁰, sfocia in una ‘infocrazia’, ovvero in una società dove i dati e le informazioni danno vita ad un nuovo totalitarismo privo di ideologia, volto ad un sapere totale da raggiungere attraverso operazioni algoritmiche, laddove il sovrano diviene chi dispone di informazioni. La denuncia del filosofo di origine coreana mette in guardia dalle derive tecnologiche che possono affliggere la società, evidenziando una profonda crisi dell’essere umano e delle sue libertà sempre più indotte oppressivamente da chi, sotto consiglio, analizzando i nostri dati, ci indica quale possa essere il nostro prossimo desiderio, il prossimo passo da compiere. L’essere umano è oramai ostaggio di un paradosso.

Nelle pagine precedenti, ho discusso della distinzione fra cognitivismo e connessionismo ma, al giorno d’oggi, le tecniche sono sempre più miste ma i sistemi cognitivi artificiali maggiormente performanti, per quel che riguarda l’apprendimento risultano essere quelli di natura probabilistica, in particolar modo per comprendere come funzioni la mente umana e la creazione del pensiero³¹¹.

Sottolineo nuovamente come in questa situazione emerga, a mio avviso, un errore di fondo, che persiste del Data Act, dove il dato è intriso di questa connotazione dataista. “*Il datismo sostiene che l’universo consiste di flussi di dati e che il valore di ciascun fenomeno o entità è determinato dal suo contributo all’elaborazione dei dati*”³¹². Avere accesso ai dati, dunque,

digitali: una nuova modalità di contrarre?, in ‘European Journal of Privacy Law & Technologies’, n. 1, 2023, pp. 20 – 33; V. Ricciuto, C. Solinas, *Forniture di servizi digitali e pagamento con la prestazione dei dati personali un discusso profilo dell’economia digitale*, CEDAM, 2022, pp. 251.

³⁰⁹ Cfr. D. Gambetta, *Datacrazia. Politica, cultura algoritmica e conflitti al tempo dei big data*, D editore, 2018, pp. 360; B. Han, *Infocrazia. Le nostre vite manipolate dalla rete*, Einaudi, 2023, pp. 88.

³¹⁰ Cfr. S. Lohr, *Data-ism: the revolution transforming decision making, consumer behavior, and almost everything else*, Harperbusiness, 2015, pp. 2015.

³¹¹ A tal punto appare interessante per quanto sostengo in seguito, l’articolo qui consultato, laddove sono ipotizzate, limitandosi esclusivamente a questo tema, soluzioni di apprendimento per i robot da considerare come individui; Cfr. A. Cangelosi, D. Parisi, *op. cit.*, 2018, pp. 89 – 94.

³¹² Cit. Y. N. Harari, *Homo deus. Breve storia del futuro*, Bompiani, 2017, p. 449.

consente di ottenere “*nuovi prodotti e servizi basati su nuove tecnologie, rendere la produzione più efficiente e fornire strumenti per combattere le sfide sociali*”³¹³, permette di performare lo stile di vita, il lavoro, la vita sociale, permette a sistemi cognitivi artificiali di conoscerci meglio di noi stessi, in altre parole consente a questi sistemi di prendere decisioni al nostro posto.

Secondo le parole del filosofo contemporaneo israeliano Yuval Noah Harari, “*non siamo davvero in grado di prevedere il futuro, poiché la tecnologia non è deterministica*”³¹⁴. Anche se forniamo al sistema cognitivo artificiale probabilistico, nei modelli predittivi avanzati, un’enorme quantità di informazioni, l’output risultante sarà sempre una soluzione possibile, mai una certezza assoluta. Questo perché il contesto in cui si sviluppano gli eventi è spesso influenzato da variabili imprevedibili e dinamiche complesse che sfuggono alla programmazione e alle previsioni. Se considerassimo le soluzioni di tali sistemi come probabilità del 100%, ci troveremmo di fronte ad una contraddizione concettuale, poiché ciò implicherebbe la certezza assoluta che l’evento si verificherà senza alcuna incertezza associata. La capacità umana di affrontare l’incertezza e di adattarsi a scenari imprevedibili rimane un elemento cruciale nella nostra comprensione e gestione del futuro, sia a livello tecnologico che sociale, salvo giungere a scoprire che siamo algoritmi e la vita è un processo di elaborazione dati.

Nel contesto più ampio della filosofia della scienza, emerge, dunque, la rilevante complessità introdotta dalla scienza computazionale, la quale, attraverso l’impiego di metodologie basate sull’analisi dei dati mediante sistemi cognitivi artificiali, sposta la centralità epistemologica, tradizionalmente focalizzata sull’essere umano, in chiave antropocentrica, verso tecnologie avanzate. A differenza del passato in cui le scoperte tecnologiche hanno permesso all’essere umano di comprendere ed esplorare il mondo, attraverso strumentazioni ausiliarie, ad oggi, l’uso della scienza computazionale non si limita ad estendere le capacità umane, ma intraprende la separazione del processo di ragionamento dalle competenze

³¹³ Cfr. nota 286.

³¹⁴ Y. N. Harari, *op. cit.*, 2017, p. 483.

cognitive tradizionali umane. La scienza computazionale e l'intelligenza artificiale, intesa come disciplina, vanno oltre, coinvolgendo algoritmi e processi computazionali in grado di efficientare le abilità umane di ragionamento e comprensione. Questo segnala una transizione verso un paradigma scientifico in cui la produzione e l'interpretazione della conoscenza non sono più strettamente dipendenti dalle abilità umane, ma coinvolgono sempre più processi automatici e computazionali³¹⁵. Tale evoluzione pone nuove sfide e solleva riflessioni profonde nella filosofia della scienza, richiedendo un approfondimento delle dinamiche epistemologiche alla luce di queste nuove complessità, allontanandosi da una visione antropocentrica³¹⁶.

8. *Il mito antropocentrico, o meglio antropomorfo, che obnubila il giurista*

A gravare su questo panorama appena descritto, vi è, inoltre, la problematica inerente alla comprensione dell'esplicabilità dei sistemi cognitivi artificiali, la quale resta tutt'oggi una questione apertamente dibattuta. Si cerca di evitare il concetto di *black box*, ovvero che tali sistemi diventino, o che siano di *default*, incomprensibili, al fine di migliorare la fiducia nell'utilizzare questi algoritmi e strumenti tecnologici. In particolar modo, se questi nascondono insidie discriminatorie o limitanti dell'autodeterminazione soggettiva.

Nel suo saggio *Il mondo ex machina*, Accoto, richiamando il concetto di 'opacità epistemica' definito da filosofo Paul Humphreys (1950 – 2022),

³¹⁵ “La situazione più estrema è una scienza completamente automatizzata che sostituisce quella prodotta dagli umani: è lo scenario automato. In questo, si potrà astrarre completamente dalle abilità cognitive umane nell'affrontare questioni rappresentazionali e computazionali: per me questa è la situazione filosofica più interessante [...] e sarebbe una rivoluzione per sostituzione”. Così P. Humphreys, *Philosophical Papers*, Oxford Academic, 2019, p. 24, in C. Accoto, *op. cit.*, 2019, p. 20.

³¹⁶ “In questa prospettiva, un'esclusiva «epistemologia antropocentrica» non sarà più sufficiente e appropriata a fronte di altre «autorità epistemiche» automatizzate all'opera”. Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2019, p. 20.

accende i riflettori sulla necessità di una consapevolezza dei rischi derivanti da una carenza informativa³¹⁷. Ancora una volta, la mancanza di informazioni si veicola come mancanza di comprensione della realtà per gli individui. Nell'evidenziare questi rischi, la concezione del processo di conoscenza è proposta da Accoto come un modello stratificato, il quale ha inizio con la percezione sensoriale per giungere, attraverso atti e fatti, all'agire nel mondo, evidenziandone limitazioni significative in ciascun livello che conduce alla conoscenza stessa. La percezione sensoriale, ad esempio, richiede un considerevole volume di dati per addestrare reti neurali, in contrasto con la capacità umana di apprendere e generalizzare in modo più efficiente. L'etichettatura dei dati emerge come un processo dispendioso, durante il quale la qualità dei dati può amplificare disuguaglianze e discriminazioni già presenti, non sottovalutabili. Passando poi, allo stato della rappresentazione della conoscenza, la sfida consiste nella capacità dei modelli matematico-statistici di interpretare i dati senza eccessi di complessità o semplicità, onde evitare di essere incomprensibili per gli esseri umani ed adattabili nei casi concreti. Il trasferimento dell'apprendimento tra domini diversi si palesa come una difficoltà, distinguendo l'intelligenza specializzata macchinica da quella generalista umana, che, a ben vedere, rappresenta un limite già negli esseri umani in relazione alla multidisciplinarietà. Il ragionamento costituisce una delle sfide fondamentali per alcuni ricercatori, si tratta di dotare questi sistemi cognitivi artificiali della capacità di comprendere le relazioni di causa-effetto tra gli eventi, un aspetto fondamentale per interpretare i fenomeni del mondo, vuoi che siano di matrice connessionista, vuoi che siano di matrice cognitivista-simbolica. Accoto evidenzia qui un punto cruciale ossia che *“tutti ammettono che l'apprendimento macchinico senza un modello del mondo risulta rimanere comunque debole (e anche l'umano non impara su una tabula rasa, ma parte da modelli del mondo poi aggiornati attraverso l'esperienza). [...] Serpeggia tra gli esperti la sensazione che sia necessaria una qualche struttura mentale di base (modelli del mondo, senso comune,*

³¹⁷ Cfr. Ivi, pp. 25 – 30.

*idee di causalità) su cui innestare l'apprendimento automatico e profondo che impara poi, nelle modalità che abbiamo visto, dall'esperienza*³¹⁸.

È da fare lo stesso con questi sistemi? Ma soprattutto, con l'esperienza di chi? È questo un concetto totalmente relativo e variabile in base a chi elabora i dati ricevuti, che sia esso un umano o meno.

Proseguendo, si giunge, dunque, alla connessione tra mente e corpo, specialmente nella robotica sensomotoria, evidenziando la richiesta di abilità motorie sofisticate e autonomia sociale, che giocoforza finisce per trovare un grande ostacolo nello stesso essere umano. Questi, infatti, è imprevedibile nel suo agire, per quante predizioni si vogliono effettuare potrebbe sempre esserci un fare probabilistico, o dir si voglia irrazionale, che possa avere conseguenze imprevedute³¹⁹.

Ho già avuto modo di fare riferimento alla questione inerente alla coscienza artificiale ed alla relativa difficoltà nell'inquadrare il problema; questo è dovuto al fatto che la definizione stessa di coscienza è aperta a diverse e disparate interpretazioni³²⁰, le quali possono condurre, in base a quale si voglia assumere, a quella ridefinizione totale dell'essere umano e della visione antropocentrica attuale.

In conclusione, richiamando ancora una volta Accoto, questi suggerisce un ipotetico approccio, qui condiviso, nel quale, riportando le parole di Demis Hassabis, fondatore di DeepMind, utilizza il seguente parallelo *“per volare non è necessario replicare esattamente le modalità di volo degli uccelli, bensì capire le leggi dell'aerodinamica applicata per poter simulare con un aereo il volare”*³²¹. La stessa tecnica sarebbe da applicare allorquando ci si approccia all'intelligenza artificiale, ovvero studiare il fenomeno e cercare di comprendere quali possano essere le leggi che governano questo fenomeno insieme agli ambienti in cui queste leggi si manifestano naturalmente; se sulle leggi che lo governano c'è ancora della

³¹⁸ Ivi, p. 28.

³¹⁹ Si pensi ad esempio nel caso di coesistenza di auto a guida autonoma e non. Le auto a guida autonoma sono sempre in grado di prevedere le azioni irrazionali di un essere umano?

³²⁰ Cfr. nota 238.

³²¹ Cit. C. Accoto, *op. cit.*, 2019, p. 30, che richiama M. Ford, *Architects of Intelligence: The truth about AI from the people building it*, Packt Publishing, 2018, pp. 554.

strada da fare, sugli ambienti in cui queste leggi si manifestano, in quanto giuristi, c'è sicuramente da poter spendere qualche osservazione.

Un ulteriore elemento spinoso da evidenziare riguarda il definire se un sistema cognitivo artificiale possa essere in grado di creare. La creatività, in poche parole, è quella capacità attraverso la quale un sistema cognitivo è in grado di produrre idee estraendole dalle proprie esperienze e conoscenze³²². Come già nella storia degli sviluppi tecno informatici si è rilevato, è oramai accantonata l'idea che la computazione possa essere una mera esecuzione ripetitiva di istruzioni. Sia Turing che Gödel hanno evidenziato il ruolo di questa indeterminatezza, tanto da essere oramai sempre più quei sistemi che, come ho già fatto notare, cercano di ottenere soluzioni basate dall'esperienza. Anzi si può riaffermare che la computazione rappresenti un processo di determinazione dell'indeterminatezza, un atto esperienziale influenzato da fattori variabili e imprevedibili, il quale, sfuggendo ad un rigido determinismo, costruisce il mondo. È quello che la filosofa contemporanea M. Beatrice Fazi chiama 'computazione contingente'³²³, ovvero una contingenza che non deriva solo da dati esterni, bensì è insita all'interno della struttura di un sistema cognitivo. Appare, dunque, possibile ipotizzare che anche i sistemi cognitivi artificiali possano attuare azioni creative, che vadano oltre agli odierni modelli di linguaggio generativi. Si apre però qui un grosso problema contemporaneo, che evito di trattare per motivi di tempo, ovvero se anche per i 'sistemi d'intelligenza artificiale' possiamo parlare di opere dell'ingegno³²⁴.

³²² Cfr. voce *creatività* in 'Vocabolario on-line Treccani', Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/vocabolario/creativita/>: "Virtù creativa, capacità di creare con l'intelletto, con la fantasia. In psicologia, il termine è stato assunto a indicare un processo di dinamica intellettuale che ha come fattori caratterizzanti: particolare sensibilità ai problemi, capacità di produrre idee, originalità nell'ideare, capacità di sintesi e di analisi, capacità di definire e strutturare in modo nuovo le proprie esperienze e conoscenze."

³²³ Cfr. M. B. Fazi, *Introduction: algorithmic thought*, in 'Theory, Culture and Society', vol. 38, n. 7 – 8, 2021, pp. 5 -11; ID. *Can a machine think (anything new)? Automation beyond simulation*, in 'AI & Society', vol. 34, n. 4, 2019, pp. 813 – 824; ID., *Contingent Computation: Abstraction, Experience, and Indeterminacy in Computational Aesthetics*, Rowman & Littlefield International, 2018, pp. 248.

³²⁴ Il dibattito in materia è abbastanza recente e coinvolge tutta una serie di implicazioni giuridiche come ad esempio il tema della soggettività giuridica. A titolo esemplificativo Cfr. G. Cassano, G. Scorza, A. Mazzetti, *Metaverso: diritti degli utenti, piattaforme digitali, privacy, diritto d'autore, profili penali, blockchain e NFT*, Pacini giuridica, 2023, pp. 539; L. Chimenti, *Diritto di autore*

L'attenzione su questi sistemi deve perciò essere massima onde evitare che possano produrre azioni negative nei confronti dell'essere umano. Se si analizzasse, ad esempio, il problema dell'inquinamento, e tali sistemi cognitivi artificiali comprenderebbero 'creativamente' che senza esseri umani questo problema potrebbe ridursi, ottimizzerebbero la realtà attraverso un'azione 'creativa'³²⁵?

L'automazione della creatività, secondo alcuni esperti, è un processo possibile e potrebbe contribuire a generare nuove idee e soluzioni in diversi settori. Tuttavia, si sottolinea la necessità di restare vigili e attenti alle diverse implicazioni sulla sfera umana ed ai risultati prodotti dagli algoritmi.

Il terreno in questione appare, dunque, di scarsa compattezza, aumentando così il rischio di smottamenti. Il diritto, per la sua funzione intrinseca, deve essere chiamato a consolidare e stabilizzare questo terreno. Infatti, attraverso l'elaborazione della scienza giuridica, il diritto fornisce un quadro normativo che regola le relazioni tra individui, istituzioni e organizzazioni, stabilendo diritti, doveri e responsabilità, leggendo dati ed elaborando informazioni della realtà sociale che lo circonda. Attraverso l'informatica giuridica³²⁶, intesa come quella branca del diritto o, per essere maggiormente precisi, della scienza giuridica, è possibile proporre un "complesso di strumenti, tecniche metodologie e approcci in grado di proporre un nuovo modo di intendere e affrontare i fenomenici giuridici"³²⁷, alla luce delle nuove consapevolezza sull'essere umano e sul suo essere un soggetto cognitivo, al pari dei sistemi cognitivi artificiali. Allo stesso modo le tecniche di intelligenza artificiale modificano e regolano la realtà sociale

4.0: *l'intelligenza artificiale crea?*, Pacini giuridica, 2020, pp. 223; V. Franceschelli, G. Cassano, B. Tassone, B., C. Galli, *Diritto industriale e diritto d'autore nell'era digitale*, Giuffrè, 2022, pp. 943; A. Sirotti Gaudenzi, *Il nuovo diritto d'autore: dalla società dell'informazione al mercato unico digitale*, Maggioli, 2023, pp. 672; B. Tassone, *Riflessioni su intelligenza artificiale e soggettività giuridica*, in 'Diritto di Internet', vol. 2, 2023, pp. 1 – 20; C. Cass, Sent. n. 1107/2023.

³²⁵ Con un esempio meno d'impatto posso riportare, in tema di riflessione sulla creatività delle macchine, quello evidenziato dalla partita di Go tra Lee Sedol e AlphaGo, attraverso il quale si rende manifesto come le macchine possano portare innovazione e nuove prospettive. Questo evento ha dimostrato che le macchine possono superare il massimo locale delle capacità umane, aprendo nuovi orizzonti cognitivi, anche se c'è da registrare la vittoria di una partita su cinque del campione sudcoreano. Cfr. C. Accoto, *op. cit.*, 2019, p. 34.

³²⁶ Per un approfondimento sulla nascita del lemma cfr. F. Romeo, *Op. cit.*, 2012, pp. 49 – 67.

³²⁷ Cit. S. Faro, *Prospettive di sviluppo dell'informatica giuridica fra big data e scienze sociali computazionali*, in S. Faro, T. E. Frosini, G. Peruginelli, *op. cit.*, 2020, pp. 61 – 62.

attraverso i propri strumenti. È qui che sorge la ricerca di quel *trait d'union* fra le due discipline. Le scienze giuridiche devono essere in grado di avere consapevolezza di questi mutamenti, proponendo soluzioni nuove. Gli apparati legislativi odierni, a partire dalle istituzioni europee hanno cercato di circoscrivere l'ambito parlando prima di intelligenza artificiale *human centric* (da ora, seguendo la traduzione ufficiale, antropocentrica)³²⁸, poi di trasformazione digitale antropocentrica³²⁹.

Il particolare punto di partenza in questa dinamica, senza scendere troppo nel dettaglio nel descrivere organi e fonti del diritto dell'unione europea³³⁰, e consapevole del valore non vincolante che assumono le comunicazioni, appare essere la comunicazione della Commissione europea n. 237 del 25/04/2018, 'l'intelligenza artificiale per l'Europa'. In questo scritto la Commissione considera esclusivamente l'intelligenza artificiale specializzata, specificando che con questo lemma s'indicano quei "*sistemi che mostrano un comportamento intelligente analizzando il proprio ambiente e compiendo azioni, con un certo grado di autonomia per raggiungere specifici obiettivi*"³³¹.

Alla luce di quanto scritto fino ad ora, ovviamente tale definizione si rivela poca roba rispetto al campo di studi relativo, sebbene non siamo agli albori storici di questo fenomeno. Tuttavia, viene delineato nel 'Piano coordinato sull'intelligenza artificiale'³³², volto a 'Creare fiducia nell'intelligenza artificiale antropocentrica'³³³, l'approccio che si vuole far perseguire, ovvero un "*approccio su tre fronti volto a dare impulso alla capacità tecnologica e industriale dell'UE e all'adozione dell'IA in tutti i*

³²⁸ Cfr. Creare fiducia nell'intelligenza artificiale antropocentrica. COM (2019), n. 168 del 08.01.2019.

³²⁹ Cfr. La definizione di una dichiarazione europea sui diritti e i principi digitali.COM (2022), n. 27 final del 26.01.2022.

³³⁰ Cfr. G. Strozzi, R. Mastroianni, *Diritto dell'Unione Europea. Parte istituzionale*, Giappichelli, 2023, pp. 544; G. Tesaro, *Manuale di Diritto dell'Unione europea*, Vol. 1, Editoriale Scientifica, 2023, pp. 514.

³³¹ Cit. L'intelligenza artificiale per l'Europa. COM (2018), n. 237 final, del 25.04.2018.

³³² Piano coordinato sull'intelligenza artificiale. COM (2018), n. 795, del 07.12.2018.

³³³ *Ivi*, nota 307.

settori economici, a prepararsi ai cambiamenti socio-economici ed ad assicurare un quadro etico e giuridico adeguato”³³⁴.

Quest’ultima comunicazione si dota del lavoro di un apposito gruppo di esperti ad alto livello sull’intelligenza artificiale (AI HLEG), i quali, contestualmente, propongono un quadro di riferimento per un’IA affidabile, basandola su tre componenti fondamentali e inscindibili, ossia legalità, eticità e robustezza³³⁵, oltre a fornire un documento ulteriore nel quale vengono definiti più nel dettaglio i sistemi di IA³³⁶. Questi dunque vengono intesi come *“Sistemi software (ed eventualmente hardware) progettati dall’uomo che, dato un obiettivo complesso, agiscono nella dimensione fisica o digitale percependo il proprio ambiente attraverso l’acquisizione di dati, interpretando i dati strutturati o non strutturati raccolti, ragionando sulla conoscenza o elaborando le informazioni derivate da questi dati e decidendo le migliori azioni da intraprendere per raggiungere l’obiettivo dato. I sistemi di IA possono usare regole simboliche o apprendere un modello numerico, e possono anche adattare il loro comportamento analizzando gli effetti che le loro azioni precedenti hanno avuto sull’ambiente. Come disciplina scientifica, l’IA comprende diversi approcci e diverse tecniche, come l’apprendimento automatico (di cui l’apprendimento profondo e l’apprendimento per rinforzo sono esempi specifici), il ragionamento meccanico (che include la pianificazione, la programmazione, la rappresentazione delle conoscenze e il ragionamento, la ricerca e l’ottimizzazione) e la robotica (che comprende il controllo, la percezione, i sensori e gli attuatori e l’integrazione di tutte le altre tecniche nei sistemi ciberfisici)”*³³⁷.

Ovviamente, per quanti scenari possa prospettare - si ipotizzi, ad esempio, se sistemi software (ed eventualmente hardware) non vengano

³³⁴ Cit. COM (2019), n. 168, p. 1.

³³⁵ Cfr. Commissione europea, Direzione generale delle Reti di comunicazione, dei contenuti e delle tecnologie, *Orientamenti etici per un’IA affidabile*, Ufficio delle pubblicazioni, 2019, in <https://data.europa.eu/doi/10.2759/640340>

³³⁶ Cfr. AI HLEG, *A definition of ai: main capabilities and disciplines*, 2019, in <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines>

³³⁷ Cit. Commissione europea, 2019, p. 45.

progettati dall'essere umano, bensì dagli stessi sistemi cognitivi artificiali attraverso quella creatività a cui si è fatto prima riferimento - questa definizione appare maggiormente in linea con l'effettiva ontologia del lemma intelligenza artificiale, generalmente inteso. Lo stesso gruppo cerca poi di definire cosa concretamente si intenda con questa espressione, intelligenza artificiale antropocentrica, identificandola come un approccio *“volto a garantire che i valori umani rivestano un ruolo centrale nelle modalità di sviluppo, distribuzione, utilizzo e monitoraggio dei sistemi di IA, garantendo il rispetto dei diritti fondamentali, tra cui quelli sanciti nei trattati dell'Unione europea e nella Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, accomunati dal riferimento a un fondamento condiviso radicato nel rispetto della dignità umana, nei quali l'essere umano gode di uno status morale unico e inalienabile. Ciò implica anche il rispetto dell'ambiente naturale e di altri esseri viventi che fanno parte dell'ecosistema umano e un approccio sostenibile che consenta alle generazioni future di prosperare”*³³⁸.

Nonostante lo stesso AI HLEG, abbia cercato di fornire il quadro più esaustivo possibile, con l'obiettivo di far emergere quante più implicazioni possibili, compresi metodi tecnici, quali ad esempio le impostazioni *by design*, per garantire, sia in una fase a monte di realizzazione che in una fase a valle di valutazione, un'intelligenza artificiale affidabile³³⁹, ritengo che, per i punti affrontati in precedenza e per i rischi associati che ho cercato di evidenziare in questo scritto, la previsione precedente, sebbene motivata da nobili principi, sia finora rimasta prevalentemente teorica e non abbia ancora trovato riscontro nella realtà pratica.

Infatti, anche nel libro bianco sull'intelligenza artificiale, 'Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia'³⁴⁰, la Commissione europea continua a ridelineare i principi fondamentali per un futuro quadro normativo dell'Unione europea per l'Intelligenza artificiale in Europa.

³³⁸ Cit. Ivi, p. 46.

³³⁹ Cfr. Ivi, pp. 23 – 28.

³⁴⁰ Libro bianco sull'intelligenza artificiale. Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia. COM (2020), n. 65 final del 19.02.2020.

Nonostante sottolinei l'importanza del rispetto dei diritti umani fondamentali, il documento sembra tralasciare quei riferimenti tecnici che potrebbero effettivamente contribuire a normare ed a garantire una rigorosa tutela degli stessi diritti fondamentali³⁴¹. Senza dileguarmi ulteriormente nel ripetere concetti ridondanti, la narrazione europea ha continuato a calcare questo solco³⁴², finendo nell'emanare una proposta di Regolamento sull'Intelligenza Artificiale (IA Act) che ancora ad oggi, gennaio 2024, non ha trovato ancora l'*imprimatur*. Il percorso che sta conducendo all'emanazione dell'IA Act è partito con un difetto di fondo, difetto di cui a questo punto della narrazione è ben chiaro: i tempi legislativi non riescono a mantenere il passo degli sviluppi tecnologici. Ciò nonostante è importante che venga calendarizzato un anno 0 da cui partire.

Già diversi studiosi hanno approcciato ad una prima analisi in attesa dell'emanazione³⁴³. In particolare, appare interessante evidenziare, innanzitutto, come l'IA Act sia strettamente legato al GDPR, sia per la tutela dei dati personali, sia per il tipo di approccio utilizzato e basato sulla valutazione dei rischi sia istituzionale che da parte dei produttori, cercando di differenziare i diversi livelli di specializzazione di questi sistemi cognitivi

³⁴¹ A tal proposito si veda anche la relazione della European Union Agency for Fundamental Rights (FRA) sull'intelligenza artificiale e i diritti fondamentali. Cfr. Agenzia dell'Unione europea per i diritti fondamentali, *Getting the future right: artificial intelligence and fundamental rights: report*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2020, in <https://data.europa.eu/doi/10.2811/58563>

³⁴² Plasmare il futuro digitale dell'Europa. COM (2020), 67 final del 19.02.2020; Bussola per il digitale 2030: il modello europeo per il decennio digitale. COM (2021), 118 final del 09.03.2021; Promuovere un approccio europeo all'intelligenza artificiale. COM (2021) 205 final del 21.04.2021; Risoluzione del Parlamento europeo del 3 maggio 2022 sull'intelligenza artificiale in un'era digitale (2020/2266 (INI)).

³⁴³ G. Bas, C. Salinas, R. Tinoco, J. Sevilla, *The EU AI Act: A pioneering effort to regulate frontier AI?*, in 'Intelligenza Artificiale', vol. 27, n. 73, 2024 pp. 55 – 64; M. Busuioc, D. Curtin, M. Almada, *Reclaiming transparency: contesting the logics of secrecy within the AI Act*. *European Law*, in 'European Law Open', vol. 2, n. 1, 2023, pp. 79 – 105; G. Contissa, F. Galli, F. Godano, G. Sartor, *Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale. Analisi informatico-giuridica*, in 'i-lex. Rivista di Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive ed Intelligenza Artificiale', n. 2, 2021, pp. 1 – 36; G. Finocchiaro, *La Proposta di Regolamento sull'intelligenza artificiale. Il modello europeo basato sulla gestione del rischio*, in 'Il diritto dell'informazione e dell'informatica', n. 2, 2022, pp. 303 – 322; N. T. Nikolinakos, *The Proposed Artificial Intelligence Act and Subsequent 'Compromise' Proposals: Commission, Council, Parliament*, in ID., *EU Policy and Legal Framework for Artificial Intelligence, Robotics and Related Technologies - The AI Act*, Springer Cham, 2023; pp. 327 – 725; G. Resta, *Cosa c'è di europeo nella Proposta di Regolamento UE sulla intelligenza artificiale*, in 'Il diritto dell'informazione e dell'informatica', n. 2, 2022, pp. 323 – 342.

artificiali, bilanciandoli con le implicazioni socioeconomiche e sui diritti fondamentali, nonché sui principi etici³⁴⁴. Per questo motivo, si prevede, all'interno della bozza normativa, la necessità di una supervisione umana che appare, per come sono strutturati questi sistemi, alquanto complicata se non in un'ottica di sperimentazione preventiva, che possa precedere l'ingresso in società di queste soluzioni tecnologiche. È importante, dunque, che stesso questi sistemi, qualora i loro produttori annuncino essere sistemi di 'intelligenza artificiale', possano avere ben chiaro il quadro normativo del luogo in cui compiono le proprie azioni, quadro normativo che però non è mai statico anzi è continuamente in evoluzione. Si pensi alle auto a guida autonoma nel caso in cui avvenga un cambiamento di un senso di marcia. Continuando, è sì prevista la necessità di effettuare valutazioni d'impatto sui diritti fondamentali ma queste non sempre si dimostrano adeguate alla realtà in cui agiranno questi sistemi.

Un altro aspetto di cruciale importanza concerne la necessità di trasparenza di cui questi sistemi devono dotarsi. Si parla, come già nelle regolamentazioni precedenti, di una trasparenza informativa, ma se l'impostazione è quella adottata per il GDPR, nella gestione dei consensi o dell'installazione dei *cookies*, diviene imprescindibile implementare un miglioramento del *legal design*, che non si soffermi solo sulla semplificazione grafica, bensì anche nell'effettiva garanzia di tutela. Ciò è fondamentale affinché il diritto all'utilizzo di un particolare sistema cognitivo artificiale non sia compromesso, qualora si decida di non regalare i propri dati. Se proprio deve esserlo, che sia esplicitato chiaramente, con le relative implicazioni possibili³⁴⁵. Almeno una volta nella vita di ciascuno di noi, è capitata una situazione nella quale, si conoscono individui che accettano i consensi per accedere a specifici servizi senza considerare appieno le implicazioni di tale azione. Infatti, questa pratica può portare a una trasparenza informativa superficiale, che a sua volta potrebbe essere

³⁴⁴ In questo momento andrebbe però già armonizzato con il quasi contemporaneo Data Act.

³⁴⁵ Si pensi, ad esempio, al bugiardo dei farmaci, che per quanto rappresenti sempre un surplus di informazioni, potrebbe essere almeno un sufficiente rimedio.

sfruttata per eludere le normative, mettendo così a rischio la tutela dei diritti fondamentali.

Ulteriore punto di riflessione riguarda l'approccio *top-down*, adottato dalla proposta che rischia di risultare troppo astratto e generico rispetto alle specifiche sfide e rischi presenti nell'ambito dell'intelligenza artificiale. Sebbene la proposta classifichi i sistemi di intelligenza artificiale in base al rischio, prevede anche il divieto per alcuni di essi come, “*ad esempio, la manipolazione comportamentale cognitiva, lo scraping non mirato delle immagini facciali da Internet o da filmati di telecamere a circuito chiuso, il riconoscimento delle emozioni sul luogo di lavoro e negli istituti di istruzione, il punteggio sociale, la categorizzazione biometrica per dedurre dati sensibili, quali l'orientamento sessuale o le convinzioni religiose, e alcuni casi di polizia predittiva per le persone*”³⁴⁶. L'approccio *top-down* si presenta critico infatti in particolare per il riconoscimento delle emozioni, limitato solo sul luogo di lavoro e negli istituti di istruzione³⁴⁷, in quanto iniziare con principi generali o regole di alto livello per regolamentare l'intelligenza artificiale, senza considerare appieno le specifiche tecnologie o contesti di utilizzo appare rischioso. Stessa problematica rappresentano i sistemi cognitivi artificiali generativa e per scopi generici, i quali sono sottoposti a requisiti ritenuti elevati³⁴⁸.

Per quanto il Regolamento possa fungere da punto di partenza, ancora molto lunga appare la strada verso un “*AI umana che sia al servizio degli*

³⁴⁶ Consiglio dell'Unione Europea, *Regolamento sull'intelligenza artificiale: il Consiglio e il Parlamento raggiungono un accordo sulle prime regole per l'IA al mondo*, comunicato stampa 986/2023 del 09/12/2023.

³⁴⁷ Non riesco ad approfondire ulteriormente questo argomento poiché come la tecnologia supera il diritto, supera anche l'essere umano e la quantità di informazioni che riesce ad elaborare. Cfr. L. Corti, N. Di Stefano, M. Bertolaso, *Artificial Emotions: Toward a Human-Centric Ethics*, in 'International Journal of Social Robotics', vol. 15, 2023, 2039 – 2053; O. Chursinova, O. Stebelska, *Is the Realization of the Emotional Artificial Intelligence Possible? Philosophical and Methodological Analysis*, in 'Filosofija Sociologija', vol. 32, n. 1, 2021, pp. 76 – 83; C. R. Lynch, *Artificial Emotional Intelligence and the Intimate Politics of Robotic Sociality*, in 'Space and Polity', vol. 25, n. 2, 2021, pp. 184 – 201; A. McStay, G. Rosner, *Emotional artificial intelligence in children's toys and devices: Ethics, governance and practical remedies*, in 'Big Data & Society', vol. 8, n. 1, 2021, pp. 16, in <https://doi.org/10.1177/2053951721994877>; C. Prentice, *Introduction to Artificial and Emotional Intelligences*, in ID., *Leveraging Emotional and Artificial Intelligence for Organisational Performance*, Springer Singapore, 2023 pp. 1 – 10.

³⁴⁸ C. I. Gutierrez, A. Aguirre, R. Uuk, C. Boine, M. Franklinal. *A Proposal for a Definition of General Purpose Artificial Intelligence Systems*, in 'Digital Society', vol. 2, art. 36 2023, in <https://doi.org/10.1007/s44206-023-00068-w>.

*obiettivi e dei motori di uno sviluppo inclusivo, e non un'automazione utile all'élite dominante o asservita solo ai suoi stessi fini meccanici*³⁴⁹. L'informatico Pentland, fra le massime voci in materia, ritiene che sia innanzitutto necessario promuovere una cultura dei dati sana e solida, insieme a un'alfabetizzazione diffusa su questi temi, per alimentare un dibattito informato che coinvolga il pubblico con cognizione di causa, sfruttando progetti sul modello degli *open source*³⁵⁰. Questa visione di una intelligenza artificiale umana punta a sfidare i vecchi sistemi decisionali per migliorare l'esperienza umana, provando a mantenere gli esseri umani al centro del processo decisionale, attraverso un approccio collaborativo con i sistemi cognitivi artificiali per sfruttare i rispettivi vantaggi. È un approccio che cerca di contrastare le informazioni distorte, la malafede e gli abusi di potere, promuovendo un nuovo contratto sociale basato sulla trasparenza, sull'empatia e sull'uso responsabile dei dati.

9. *La fine per l'inizio. Una breve conclusione*

Alla fine di questa ricerca, in cui ho cercato di esplorare e mettere in evidenza quante più implicazioni possibili in tema di intelligenza artificiale, emergono più domande che risposte. Tuttavia, è chiaro che per garantire una gestione affidabile dell'intelligenza artificiale, scevra da distorsioni, preferibilmente orientata all'umanità piuttosto che antropocentrica, è essenziale porre al centro i diritti fondamentali ed i diritti umani. Inoltre, è fondamentale che gli studi e le tecniche di intelligenza artificiale, in relazione ai diritti, diventino un punto focale nella riflessione sui rapporti tra legalità e nuove tecnologie.

³⁴⁹ Cit. A. Pentland, *Società automate*, in C. Accoto, *op. cit.*, 2019, pp.154.

³⁵⁰ Sulla filosofia alla base della cultura open, a titolo esemplificativo, tra gli ultimi lavori cfr. G. Ziccardi, *Aggiustare il mondo. La vita, il processo e l'eredità dell'hacker Aaron Swartz*, Milano University Press, 2022, pp. 251; oltre alla principale organizzazione non profit che difende la *privacy* digitale, la libertà di parola e l'innovazione, la 'electronic frontier foundation' <https://www.eff.org>.

Utilizzando un fortunatissimo lemma, posso concludere, affermando che si palesa sempre maggiormente la necessità di un *law in code*³⁵¹, laddove diviene al più presto necessario porre la scienza giuridica ed il diritto, antropocentrici intrinsecamente, in una posizione di guida verso il proprio ‘*padawan*’³⁵², rappresentato dalla scienza dell’intelligenza artificiale, onde evitare che possa volgersi al ‘lato oscuro’, rischiando totalitarismi informativi pericolosi per la tutela dei diritti fondamentali, peggiori di quelli che già l’essere umano da solo è in grado di creare. Questi sistemi cognitivi artificiali non dovrebbero essere impiegati superficialmente, ma se dovutamente utilizzati, potranno, senza ombra di dubbio a mio avviso, rappresentare un valido supporto per cercare di garantire uno sviluppo sostenibile dell’umanità; parrebbe quasi che utilizziamo questi sistemi per dimenticare la natura animale e mortale di noi umani, per rifuggire altrove; ma quale sia questo altrove ancora non lo si è ben compreso.

³⁵¹ Ribaltando il lemma *code is law* di Lawrence Lessig titolo di un celebre articolo del giurista statunitense: *Code is Law. On liberty in Cyberspace*, in ‘Harvard Magazine’, 2000, in <https://www.harvardmagazine.com/2000/01/code-is-law-html>. Lessig sottolinea che il codice può fungere da legge nel senso che regola il comportamento degli utenti, anche se non necessariamente in senso giuridico.

³⁵² Nell’universo fantascientifico di Star Wars, i padawan sono gli apprendisti degli Jedi, cavalieri dediti a difendere la pace e la giustizia.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV., *Incontro con le telecomunicazioni. La facoltà di Ingegneria per la città*, Università di Cassino, 2007.
- AA. VV., *Prejudice, bias & discrimination*, Salem Press, 2017.
- Abbate J., *Recoding Gender: Women's Changing Participation in Computing*, The MIT Press, 2012.
- Accoto C., *Il mondo dato*, Egea, 2017.
- Accoto C., *Il mondo ex machina*, Egea, 2019.
- Accoto C., *Il mondo in sintesi*, Egea, 2022.
- Accoto C., *Infoviduality: exploring subjectivations and agentivities in a more-than-human world*, in *Lumina*, vol. 12, n. 3, 2018.
- Aljeraisy A., Barati M., Rana O., Perera C., *Privacy Laws and Privacy by Design Schemes for the Internet of Things: A Developer's Perspective*, in *ACM Computing Surveys*, vol. 54, n. 5, 2022.
- Alpa G., *Sul nichilismo giuridico*, in *Materiali per una storia della cultura giuridica*, n. 2, 2005.
- Alpaydin E., *Introduction to Machine Learning*, The MIT Press, 2020.
- Amato Mangiameli A. C., *Algoritmi e big data. Dalla carta sulla robotica*, in *Rivista di filosofia del diritto*, n. 1, 2019.
- Antonelli G.A., *Gödel, Penrose e i fondamenti dell'intelligenza artificiale*, in *Sistemi intelligenti, Rivista quadrimestrale di scienze cognitive e di intelligenza artificiale*, n. 3, 1997.
- Ardigò A., Mazzoli G., (a cura di), *Intelligenza artificiale. Conoscenza e società*, Franco Angeli, 1986.
- Arrabales R., Ledezma A. and Sanchis A., *Establishing a roadmap and metrics for conscious machines development*, in *8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics, Hong Kong, China*, 2009.
- Ashley K., *Artificial Intelligence and legal analytics. New tools for law practice in the digital age*, Cambridge University Press, 2017.
- Asperti A., Ciabattini A., *Logica a Informatica*, McGraw-Hill Education, 1997.
- Avitabile L., *Il diritto davanti all'algoritmo*, in *Rivista Italiana per le Scienze Giuridiche*, vol. 8, 2017.

- Bacil I., Wang Y., Yao Y. Y., Kinser W., Chan K., Zadeh L. A. (a cura di), *8th IEEE International Conference on Cognitive Informatics, Hong Kong, China*, IEEE, 2009.
- Balbi G., Magaudda P., (a cura di), *Fallimenti digitali: Un'archeologia dei 'nuovi' media*, Unicopli, 2018.
- Baldoni W. M., Ciliberto C., Piacentini Cattaneo G. M., *Aritmetica, crittografia e codici*, Springer, 2006.
- Ballo E., Lolli G. e Mangione C., (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume II: Saggi inediti e conferenze*, Bollati Boringhieri, 2006.
- Ballo E., Lolli G. e Mangione C., (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume I: 1929 – 1936*, Bollati Boringhieri, 1999.
- Ballo E., Lolli G. e Mangione C., (a cura di), *Kurt Gödel. Opere. Volume III: Saggi inediti e conferenze*, Bollati Boringhieri, 2006.
- Barba A., Cuffaro V., Barenghi A., *Codice Del Consumo e Norme Collegate*, Giuffrè Francis Lefebvre, 2019.
- Barberis M., *Come internet sta uccidendo la democrazia*, Chiarelettere, 2020.
- Barth S., Ionita D., Hartel P., *Understanding Online Privacy. A Systematic Review of Privacy Visualizations and Privacy by Design Guidelines*, in *ACM Computing Surveys*, vol. 55, n. 3, 2023.
- Bertolaso M., Valera L., *Verità e fiducia nell'era del transumanesimo*, in *Scio*, n. 15, 2018.
- Bas G., Salinas C., Tinoco R., Sevilla J., *The EU AI Act: A pioneering effort to regulate frontier AI?*, in *Inteligencia Artificial*, vol. 27, n. 73, 2024.
- Bassan V., *Informazione, sorveglianza e libertà*, in *il Mulino*, n. 3, 2020.
- Bassett C., *The computational therapeutic: exploring Weizenbaum's ELIZA as a history of the present*, in *AI & Society*, n. 34, 2019.
- Bauman Z., *Modernità liquida*, Editori Laterza, 2011.
- Belisario E., Riccio G. M., Scorza G., *GDPR e Normativa Privacy Commentario*, CEDAM, 2022.
- Bell G., Dourish P., *Yesterday's tomorrows: notes on ubiquitous computing's dominant vision*, in *Personal and Ubiquitous Computing*, n. 11, 2007.
- Bellone E., *La Scienza*, La Biblioteca di Repubblica, 2005.

- Bennato D., *Black Mirror: Distopia e antropologia digitale*, Villaggio Maori, 2018.
- Bennato D., *Il computer come macroscopio. Big data e approccio computazionale per comprendere i cambiamenti sociali e culturali*, Franco Angeli, 2015.
- Berthet V., de Gardelle V., *The heuristics-and-biases inventory: An open-source tool to explore individual differences in rationality*, in *Frontiers in Psychology*, vol. 14, 2023.
- Berto F., *Logica da zero a Gödel*, Editori Laterza, 2019.
- Berto F., *Tutti pazzi per Gödel. La guida completa al teorema di incompletezza*, Editori Laterza, 2008.
- Bianchini F., Franchi S., Matteuzzi M. (a cura di), *Verso un'archeologia dell'intelligenza artificiale*, in *Discipline Filosofiche*, vol. XVII, n. 1, 2007.
- Biancoletto G., *La privacy by design: un'analisi comparata nell'era digitale*, Aracne, 2019.
- Bianda E. (a cura di), *"Focus: Riconoscimento facciale e capitalismo della sorveglianza"*, in *Problemi dell'informazione, Rivista quadrimestrale*, n. 2, 2019.
- Bobbio N., *Thomas Hobbes*, Giulio Einaudi Editore, 2004.
- Bonavita S. (a cura di), *Società delle tecnologie esponenziali e General Data Protection Regulation: Profili critici nella protezione dei dati*, Ledizioni, 2018.
- Boole G., *An investigation of the Laws of Thought, on which are founded the mathematical theories of logic and probabilities*, Walton and Maberly, 1854.
- Borghi A., *Il mondo del machine learning: implicazioni per la cognizione embodied e grounded* in *Giornale italiano di psicologia*, n. 1, 2018.
- Borruso R., Russo S., Tiberi C., *L'informatica per il giurista. Dal bit a Internet*, Giuffrè editore, 2009.
- Botter B., *È possibile una filosofia della mente in Aristotele?*, in *Philosophos - Revista de Filosofia*, vol. 15, n. 1, 2010.
- Bozzo M., *La Grande Storia del Computer: Dall'abaco all'intelligenza artificiale*, Dedalo Libri, 1996.

- Braidotti R., *Il postumano. La vita oltre l'individuo, oltre la specie, oltre la morte*, DeriveApprodi, 2014.
- Brewer W., *Kurt Gödel. The Genius of Metamathematics*, Springer, 2022.
- Brighi R., Di Tano F., *Identità, anonimato e condotte antisociali in Rete. Riflessioni informatico-giuridiche*, in *Rivista di filosofia del diritto*, n. 1, 2019.
- Brighi R. (a cura di), *Nuove questioni di informatica forense*, Aracne, 2022.
- Bu F., Wang N., Jiang B., Liang H., "Privacy by Design" implementation: Information system engineers' perspective, in *International Journal of Information Management*, n. 53, 2020.
- Burattini E., Cordeschi R. (a cura di), *Intelligenza artificiale: manuale per le discipline della comunicazione*, Carocci, 2001.
- Bush V., *Instrumental Analysis*, in *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 42, n. 10, 1936.
- Bush V., *The differential analyzer. A new machine for solving differential equations*, in *Journal of the Franklin Institute*, vol. 212, n. 4, 1931.
- Busia G., Liguori L., Pollicino O. (a cura di), *Le nuove frontiere della privacy nelle tecnologie digitali. Bilanci e prospettive*, Aracne, 2017.
- Busuioc M., Curtin D., Almada M., *Reclaiming transparency: contesting the logics of secrecy within the AI Act. European Law*, in *European Law Open*, vol. 2, n. 1, 2023.
- Buttazzo G., *Coscienza artificiale: missione impossibile*, in *Il mondo digitale*, n. 1, 2002.
- Butti A., *Lucas, Gödel e l'intelligenza meccanica*, in *Rivista di Filosofia Neo-Scolastica*, vol. 94, n. 4, 2002.
- Cabitza F., Rossetti A., Pozzolo S., *Governare l'intelligenza artificiale. Introduzione*, in *Ragion pratica*, n. 2, 2021.
- Califano L., Colapietro C. (a cura di), *Innovazione tecnologica e valore della persona: il diritto alla protezione dei dati personali nel Regolamento UE 2016/679*, Editoriale Scientifica, 2017.
- Campanile B., *Vannevar Bush da ingegnere a tecnologo. La nascita della Società dell'Informazione*, Aracne, 2016.

- Cangelosi A., Parisi D., *L'importanza di iniziare dai (robot) bambini*, in *Giornale italiano di psicologia*, n. 1, 2018.
- Carcattera G., *Presupposti e strumenti della scienza giuridica*, G. Giappichelli editore, 2012.
- Carleo A., *Calcolabilità giuridica*, il Mulino, 2018.
- Carleo A., *Decisione robotica*, il Mulino 2019.
- Carli E., Davidson D., Damasio A., Dennett D., *Cervelli che parlano. Il dibattito su mente, coscienza e intelligenza artificiale*, Bruno Mondadori, 1997.
- Carta S., *Orientalismo, spazio e antropologia culturale*, in *Intersezioni, Rivista di storia delle idee*, Il mulino, n. 1, 2011.
- Cassano G., Scorza G., Mazzetti A., *Metaverso: diritti degli utenti, piattaforme digitali, privacy, diritto d'autore, profili penali, blockchain e NFT*, Pacini giuridica, 2023.
- Caso R., *La Rivoluzione Incompiuta. La Scienza Aperta Tra Diritto D'autore E Proprietà Intellettuale*, Ledizioni, 2022.
- Cavanillas J. M., Curry E., Wahlster W. (a cura di), *New Horizons for a Data-Driven Economy. A Roadmap for Usage and Exploitation of Big Data in Europe*, Springer, 2015.
- Cavarra B., Rasini V. (a cura di), *Meccanicismo. Riflessioni interdisciplinari su un paradigma teorico*, Meltemi, 2019.
- Cavosi V., *Governare l'Intelligenza Artificiale*, Ledizioni, 2022.
- Cawthorne N., *L'enigma di un genio. La storia vera di Alan Turing*, Newton Compton Editori, 2014.
- Cefaloni M., *La logica di Leibniz: Louis Couturat*, Napoli: Glauk, 1973.
- Cerrina Feroni G. (a cura di), *Commerciabilità dei dati personali. Profili economici, giuridici, etici della monetizzazione*, il Mulino, 2024.
- Ceruzzi P. E., *A History of Modern Computing*, The MIT Press, 2003.
- Ceschi A., Costantini A., Sartori R., Weller J., Di Fabio A., *Dimensions of decision-making: An evidence-based classification of heuristics and biases*, in *Personality and Individual Differences*, vol. 146, 2019.
- Chalmers D., *Facing Up to the Problem of Consciousness*, in *Journal of Consciousness Studies*, vol. 2, n. 3, 1995.

- Chandrasekar R., *Elementary? Question answering, IBM's Watson, and the Jeopardy! Challenge*, in *Reson*, n. 19, 2014.
- Charbonnier A., *Dalla macchina artificiale all'intelligenza artificiale*, in *Gnosis. Rivista italiana di intelligence*, n.1, 2005.
- Chen X. W., Lin X., *Big Data Deep Learning: Challenges and Perspectives*, in *IEEE Access*, vol. 2, 2014.
- Chiari I., *Introduzione alla linguistica computazionale*, Editori Laterza, 2007.
- Chili G., *Il 5G in dieci punti*, in *il Mulino, Rivista trimestrale di cultura e di politica*, n. 5, 2020.
- Chiment L., *Diritto di autore 4.0: l'intelligenza artificiale crea?*, Pacini giuridica, 2020.
- Chinnici G., *Turing: L'enigma di un genio*, Hoepli, 2016.
- Chiriatti M., *#Humanless. L'algoritmo egoista*, Hoepli, 2019.
- Chiodo S., Schiaffonati V., (a cura di), *Italian Philosophy of Technology*, in *Philosophy of Engineering and Technology*, vol. 35. Springer, 2021.
- Church A., *An unsolvable problem of elementary number theory*, in *American Journal of Mathematics*, vol. 58, n. 2.
- Chursinova O., Stebelska O., *Is the Realization of the Emotional Artificial Intelligence Possible? Philosophical and Methodological Analysis*, in *Filosofija Sociologija*, vol. 32, n. 1, 2021.
- Cianchi I., *Introduzione alla linguistica computazionale*, Editori Laterza, 2007.
- Cocuccio M. F., *Il diritto all'identità personale e l'identità "digitale"*, in *Diritto di Famiglia e delle Persone (II)*, n. 3, 2016.
- Colapietro C., *I principi ispiratori del Regolamento UE 2016/679 sulla protezione dei dati personali e la loro incidenza sul contesto normativo nazionale*, in *Federalismi.it*, n. 22, 2018.
- Comandé G., (a cura di), *Persona e tutele giuridiche*, Giappichelli, 2003.
- Continisio C., Ferronato M., *Antropocene e dintorni*, in *Storia del pensiero politico*, n. 3, 2019.
- Copeland B. J., *Alan Turing's Electronic Brain: The Struggle to Build the ACE, the World's fastest*, Oxford University Press, 2012.

- Copeland B. J., Posy C. J., Shagrir O., (a cura di), *Turing, Gödel, Church, and Beyond*, The MIT Press, 2013.
- Copeland B. J., *The Essential Turing: Seminal Writings in Computing, Logic, Philosophy, Artificial Intelligence, and Artificial Life: Plus, The Secrets of Enigma*, Oxford University Press, 2004.
- Copi I. M., Cohen C., *Introduzione alla logica*, Il Mulino, 1997.
- Cordeschi R., *Quale coscienza artificiale?*, in *Sistemi intelligenti*, n. 3, 2008;
- Corona F., *Giustizia predittiva. Quando gli algoritmi pervadono il diritto*, Aracne, 2023.
- Corti L., Di Stefano N., Bertolaso M., *Artificial Emotions: Toward a Human-Centric Ethics*, in *International Journal of Social Robotics*, vol. 15, 2023.
- Couturat L., Sanzo U., *La logica di Leibniz: Louis Couturat*, Napoli: Glauk, 1973.
- Cuffaro V., D’Orazio R., Ricciuto V. (a cura di), *I dati personali nel diritto europeo*, Giappichelli, 2019.
- Cuffaro V., *Il diritto europeo sul trattamento dei dati personali*, in *Contratto e impresa*, n. 3, 2018.
- D’Acquisto G., Naldi M., *Big Data e Privacy by design*, Giappichelli, 2017.
- D’Alessandro F., (a cura di), *L’uomo alla ricerca della verità: filosofia, scienza, teologia: prospettive per il terzo millennio: conferenza internazionale su scienza e fede*, Città del Vaticano, 23- 25 maggio 2000, Vita e Pensiero, 2005.
- D’Apuzzo E., *Profili evolutivi della nuova disciplina del commercio*, tesi PhD UniSa, 2011.
- D’Orazio R., Finocchiaro G., Pollicino O., Resta G., De Gregorio G., (a cura di) *Codice della privacy e data protection*, Giuffrè, 2021.
- Davis M., *Il calcolatore universale*, Adelphi, 2018.
- Davis M., *Is Mathematical Insight Algorithmic?*, in *Behavioral and Brain Sciences*, vol. 13, n. 4, 1995.
- Dawson Jr J. W., *Dilemmi logici. La vita e le opere di Kurt Gödel*, Bollati Boringhieri, 2001.

- De Beauclair W., *Alwin Walther, IPM, and the Development of Calculator/Computer Technology in Germany, 1930-1945*, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 8, n. 4, 1986.
- De Bernart L., *Immaginazione e scienza in Giordano Bruno: l'infinito nelle forme dell'esperienza*, ETS, 1986.
- De Cristofaro G., Zaccaria A., *Commentario breve al diritto dei consumatori*, CEDAM, 2013.
- De Filippi P., Wright A., *Blockchain and the Law: The Rule of Code*, Harvard University Press, 2019.
- De Gennaro A., *I diritti umani oggi: nuovi diritti individuali e diritti umani*, Bononia university press, 2010.
- De Jong E., *Own the Unknown: An Anticipatory Approach to Prepare Society for the Quantum Age*, in *Digital society*, vol. 1, art. 15, 2022.
- De La Mettrie J. O., *L'uomo macchina*, Mimesis, 2015.
- De Tullio M. F., *La privacy e i big data verso una dimensione costituzionale collettiva*, in *Politica del diritto*, n. 4, 2016.
- Deleuze G., *Logica del senso*, Giangiacomo Feltrinelli Editore, 1975.
- Dellantonio S., Job R., *La natura della spiegazione scientifica. Alcune riflessioni su neurocentrismo, meccanicismo, riduzionismo e determinismo*, in *Giornale italiano di psicologia*, n. 1-2, 2015, pp. 117 – 122.
- Dennett D., *The milk of human intentionality*, in *'Behavioral and Brain Sciences'*, vol. 3, n. 3, 1980.
- Di Caro A., *Il paradosso del mentitore*, in *Linguæ & Rivista di lingue e culture moderne*, LED Edizioni Universitarie, Vol. 20, n. 2, 2021.
- Di Cerbo A., *L'inquadramento giuridico dei dati personali ceduti per la fruizione dei servizi digitali*, in *European Journal of Privacy Law & Technologies*, n. 2, 2022.
- Di Martino C. (a cura di), *I diritti umani e il proprio dell'uomo nell'età globale: diritto etica politica*, InSchibboleth, 2017.
- Di Meo R., *Il diritto alla disconnessione nella prospettiva italiana e comparata*, in *Labour & Law Issues*, vol. 3, n. 2, 2017.

- Di Viggiano P. L., *Democrazia come tecnologia sociale*, in *Revista Quaestio Iuris*, vol. 16, n. 3, 2023.
- Dinotola S., *Bias delle collezioni e data analysis: un modello per lo studio comparato delle raccolte LGBTQ+*, in *AIB Studi*, vol. 62, n. 1, 2022.
- Domingos P., *L' algoritmo definitivo. La macchina che impara da sola e il futuro del nostro mondo*, Bollati Boringhieri, 2016.
- Dondi A., *Realtà evolutiva della professione legale. Sfide della globalizzazione, "glocalizzazione" e adeguatezza degli standard professionali*, in *Politica del diritto*, vol. 4, 2008.
- Douglas Bruce J., *Human Automata in Classical Tradition and Mediaeval Romance*, in *Modern Philology*, vol. 10, n. 4, 1913.
- Dreyfus H. L., *Artificial Intelligence*, in *The Annals of the American Academy of Political and Social Science*, vol. 412, 1974.
- Dreyfus H., *Alchemy and Artificial Intelligence*, RAND Corporation, 1965.
- Dreyfus H., Dreyfus S., *Mind over machine*, The Free Press, 1986.
- Dreyfus H., *What computers can't do: the limits of artificial intelligence*, Harper & Row, 1997.
- Dreyfus H., *What computers still can't do: a critique of artificial reason*, MIT Press, 1992.
- Dunn P., *Moderazione automatizzata e discriminazione algoritmica: il caso dell'hate speech*, in *Rivista italiana di informatica e diritto*, vol. 4, n. 1, 2022.
- Durante M., Pagallo U. (a cura di), *Manuale di informatica giuridica e diritto delle nuove tecnologie*, UTET giuridica, 2012.
- Eco U. (a cura di), *Il Novecento - Scienze e tecniche: Storia della Civiltà Europea*, EncycloMedia Publishers, 2014.
- Eco U., *The search for the perfect language*, Blackwell Publisher Ltd, 1995.
- Emmer M., (a cura di), *Matematica e cultura*, Springer, 2010.
- Falcone R., Capirci O., Lucidi F., Zoccolotti P., *Prospettive di intelligenza artificiale: mente, lavoro e società nel mondo del machine learning*, in *Giornale italiano di psicologia*, n. 1, 2018.

- Faracovi O. P., *Una giornata di studio su Henri Poincaré*, in *Rivista di Storia della Filosofia*, Franco Angeli, vol. 70, n. 4, 2015.
- Farivar C., *Habeas Data. Privacy vs. the Rise of Surveillance Tech*, Melville House, 2018.
- Faro S., Frosini T. E., Peruginelli G., (a cura di) *Dati e algoritmi. Diritto e diritti nella società digitale*, il Mulino, 2020.
- Fassò G., *Storia della filosofia del diritto*, Editori Laterza, 2001.
- Fazi M. B., *Can a machine think (anything new)? Automation beyond simulation*, in *AI & Society*, vol. 34, n. 4, 2019.
- Fazi M. B., *Contingent Computation: Abstraction, Experience, and Indeterminacy in Computational Aesthetics*, Rowman & Littlefield International, 2018.
- Fazi M. B., *Introduction: algorithmic thought*, in *Theory, Culture and Society*, vol. 38, n. 7 – 8, 2021.
- Feferman S. et al. (a cura di), *Kurt Gödel: The Collected Works: Volume I Publications 1929-1936*, Oxford University Press, 1986.
- Ferragina P., Luccio F., *Il pensiero computazionale. Dagli algoritmi al coding*, Il Mulino, 2017.
- Ferrajoli L., *Diritti fondamentali. Un dibattito teorico*, Editore Laterza, 2008.
- Ferrari M., *Henri Poincaré, il kantismo e l'a priori matematico*, in *Discipline Filosofiche*, Vol. XVI, n. 2, 2006.
- Ferreira de A. Nascimento V. F., Sousa Leite J., Macedo de Castro P., *A filosofia logicista de Bertrand Russell no ensino da matemática escolar*, in *Ambiente: Gestão e Desenvolvimento*, UERR - Universidade Estadual de Roraima, vol.12, n. 1, 2019.
- Ferreira F., Mayordomo E., Gomes L. M., (a cura di), *Programs, Proofs, Processes. 6th Conference on Computability in Europe, CiE, 2010, Ponta Delgada, Azores, Portugal, June 30 - July 4, 2010, Proceedings*, Springer, 2010.
- Finocchiaro G., *La Proposta di Regolamento sull'intelligenza artificiale. Il modello europeo basato sulla gestione del rischio*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, n. 2, 2022.

- Finocchiaro G., Resta G., Pollicino O., D’Orazio R., (a cura di), *Codice della privacy e data protection*, Giuffrè Francis Lefebvre, 2021.
- Fiormonte D., Numerico T., Tomasi F., *The digital humanist: a critical inquiry*, punctum books, 2015.
- Floridi L., *La quarta rivoluzione*, Cortina, 2017.
- Floridi L., *La rivoluzione dell’informazione*, Codice, 2012.
- Floridi L., *La filosofia dell’informazione e i suoi problemi*, in *Iride: Filosofia e Discussione Pubblica*, vol. 18, n. 2, 2005.
- Florindi E., *Criptovalute: manuale di sopravvivenza. Guida pratica a bitcoin, monero, ethereum e blockchain*, Imprimatur, 2018.
- Ford M., *Architects of Intelligence: The truth about AI from the people building it*, Packt Publishing, 2018.
- Fornero G., Tassinari S., (a cura di), *Le filosofie del Novecento*, Mondadori Bruno, 2002.
- Fourmentraux J. P., (a cura di), *Identités numériques: Expressions et traçabilité*, CNRS Éditions, 2015.
- Franceschelli V., Cassano G., Tassone B., Galli C., *Diritto industriale e diritto d’autore nell’era digitale*, Giuffrè, 2022.
- Francesconi E., *The winter, the summer and the summer dream of artificial intelligence in law*, in *Artificial Intelligence and Law*, n. 30, 2022.
- Fredrikzon J., *Review: Cybernetics: The Macy Conferences*, in *Sensorium Journal*, n. 3, 2021.
- Frosini T. E., *La libertà informatica: brevi note sull’attualità di una teoria giuridica*, in *Informatica e diritto*, vol. 17, n. 1 – 2, 2008.
- Frosini V., *I calcolatori elettronici e il nuovo mondo civile*, in *Rivista internazionale di filosofia del diritto*, n. 4, 1973.
- Frosini V., *Il diritto nella società tecnologica*, Milano, Giuffrè, 1981.
- Frosini V., *La giuritecnica: problemi e proposte*, in *Informatica e diritto*, vol. 27, n. 1 – 2, 2018.
- Frosini V., *La protezione della riservatezza nella società informatica*, in *Informatica e diritto*, vol. 7, n. 1, 1981.

- Fry H., *Hello world. Essere umani nell'era delle macchine*, Bollati Boringhieri, 2019.
- Gaballo G., *L'etica della scienza e lo spirito della democrazia. Tra razionalità finalizzata ai valori e razionalità tecnico-strumentale*, in *Rivista Trimestrale di Scienza dell'Amministrazione*, n. 3, 2021.
- Gabrieli L., *Tavoli, sedie, boccali di birra: David Hilbert e la matematica del Novecento*, R. Cortina, 2016.
- Gallagher S., Zahavi D., *La mente fenomenologica. Filosofia della mente e scienze cognitive*, Raffaello Cortina Editore, 2022.
- Galvan S., *Gödel e il modello computazionale della mente*, in *Rivista di filosofia neo-scolastica, vita e pensiero*, vol. 96, n. 1, 2004.
- Gambetta D., *Datacrazia. Politica, cultura algoritmica e conflitti al tempo dei big data*, D editore, 2018.
- Garbarino C., *Antropocene, postcostituzionalismo resiliente e ordinamenti globali*, in *Diritto pubblico comparato ed europeo, Rivista trimestrale*, n. 4, 2022.
- Gardner H., *La nuova scienza della mente*, Universale Economica Feltrinelli, 2016.
- Gates K., *Our Biometric Future: Facial Recognition Technology and the Culture of Surveillance*, New York University Press, 2011.
- Geymonat L., *Storia del pensiero filosofico e scientifico. Il Novecento*, Vol. 8, n. III, Garzanti, 1996.
- Giannaccari A., *Facebook, tra privacy e antitrust: una storia (non solamente) americana*, in *Mercato Concorrenza Regole, Rivista quadrimestrale*, n. 2, 2019.
- Gilovich T., Griffin D., *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment*, Cambridge University Press, 2002.
- Gioffredi G., Pisanò A., Lorubbio V., (a cura di), *Diritti umani in crisi?: emergenze, disuguaglianze, esclusioni*, Pacini, 2021.
- Gleick J., *L'informazione*, Universale Economica Feltrinelli, 2015.
- Gödel K., *Alcuni risultati metafisici su completezza e coerenza*, 1930.
- Gödel K., *La logica matematica di Russell*, 1944.

- Gödel K., *Proposizioni formalmente indecidibili*, 1931.
- Gödel K., *Sulla completezza del calcolo della logica*, 1929.
- Goertzel B., *Artificial General Intelligence: Concept, State of the Art, and Future Prospects*, in *Journal of Artificial General Intelligence*, n. 5, 2014.
- Goertzel B., Pei W., (a cura di), *Artificial General Intelligence: Concepts, Architectures and Algorithms: Proceedings of the AGI Workshop 2006*, IOS Press, 2007.
- Goertzel B., Pennachin C., *Artificial General Intelligence*, Springer, 2007.
- Goldstine H., *The computer from Pascal to von Neumann*, Princeton University Press, 1972.
- Gometz G., *La privacy della mente: alcune riflessioni sul rapporto tra protezione dei dati personali e libertà di pensiero*, in *Stato, Chiese e pluralismo confessionale*, n. 17, 2020.
- Gometz G., *Piattaforme online e crisi della democrazia: unde malum?*, in *Parole-chiave*, n. 1, 2023.
- Granelli A., *Il sé digitale identità, memoria, relazioni nell'era della rete*, Guerini e associati, 2006.
- Grassi R., Guglielmi G., Pinto G., Siani A., (a cura di), *Elementi di informatica in diagnostica per immagini*, Springer, 2010.
- Graziani P., Sangoi M., *La Macchina Aritmetica di Blaise Pascal*, in *Isonomia*, 2015.
- Gregory T., (a cura di), *XXI secolo, volume: L'universo fisico*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2010.
- Guerra Martins M., *Proteção de dados pessoais e democracia: fake news, manipulação do eleitor e o caso da Cambridge Analytica*, in *Revista Eletrônica Direito e Sociedade*, vol. 7, n. 3, 2019.
- Guerriero S., *Review of Orientalismo, by E. W. Said & S. Galli*, Belfagor, Casa Editrice Leo S. Olschki, vol. 57, n. 2, 2002.
- Gutierrez I., Aguirre A., Boine C., Franklinal M., Uuk R., *A Proposal for a Definition of General Purpose Artificial Intelligence Systems*, in *Digital Society*, vol. 2, art. 36, 2023.
- Haak S., *Filosofia delle logiche*, Franco Angeli Editore, 1984.

- Haikonen P., *The cognitive approach to conscious machines*, Imprint Academic, 2003.
- Han B., *Infocrazia. Le nostre vite manipolate dalla rete*, Einaudi, 2023.
- Han B., *Le non cose*, Einaudi, 2021.
- Hansen M. B. N., *Feed-Forward. On the future of Twenty-First Century Media*, The Chicago University Press, 2014.
- Harari Y. N., *Homo deus. Breve storia del futuro*, Bompiani, 2017.
- Harel D., Feldman Y., *Algoritmi. Lo spirito dell'informatica*, Springer, 2008.
- Harman G., *Ontologia orientata agli oggetti. Una nuova teoria del tutto*, Carbonio editore, 2021.
- Haugeland J., *Artificial Intelligence: The Very Idea*, The MIT Press, 1985.
- Hebb D. O., *The organization of behavior*, Lawrence Erlbaum Associates, 2002.
- Heims S. J., *The Cybernetics Group*, The MIT Press, 1991.
- Henin S., *AI: intelligenza artificiale tra incubo e sogno*, Hoepli, 2019.
- Henin S., *Non solo enigma: storia delle guerre nascoste*, Hoepli, 2017.
- Henin S., *Il computer dimenticato: Charles Babbage, Ada Lovelace e la ricerca della macchina perfetta*, Hoepli, 2015.
- Hilbert D., *Fondamenti della geometria*, Franco Angeli, 2009.
- Hilbert D., *Mathematical Problems*, in *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 37, n. 4, 2000.
- Hildebrandt M., *Smart Technologies and the End(s) of Law. Novel Entanglements of Law and Technology*, Edward Elgar, 2016.
- Hildebrandt M., *Law for Computer Scientists and Other Folk*, Oxford University Press, 2020.
- Hinds J., Williams E., Joinson A., *"It wouldn't happen to me": Privacy concerns and perspectives following the Cambridge Analytica scandal*, in *International Journal of Human-Computer Studies*, n. 143, 2020.
- Hofstadter D. R., Dennett D., *L'io della mente*, Adelphi, 2023.
- Hofstadter D. R., *Gödel, Escher, Bach: un'Eterna Ghirlanda Brillante*, Adelphi, 2013.
- Holland J. H., *Adaption in Natural and Artificial Systems*, Bradford Books, 1975.

- Hoofnagle C., Garfinkel S., *Law and Policy for the Quantum Age*, Cambridge University Press, 2022.
- Hu F., *Behind Deep Blue: Building the Computer That Defeated the World Chess Champion*, Princeton University Press, 2022.
- Hu M., *Cambridge Analytica's black box*, in *Big Data & Society*, vol. 7, n. 2, 2020.
- Hubbard W. H. J., *Quantum Economics, Newtonian Economics, and Law*, in *Michigan State Law Review*, n. 425, 2018.
- Humphreys P., *Philosophical Papers*, Oxford Academic, 2019.
- Iaselli M., *L'identità digitale nel metaverso*, in *Democrazia e Diritti Sociali*, n. 1, 2023.
- Irti N., *Riconoscersi nella parola*, il Mulino, 2020.
- Irti N., *Nichilismo giuridico*, Editori Laterza, 2014.
- Jackendoff R., *Coscienza e mente computazionale*, Il Mulino, 1990.
- Jaworska K., *The right to disconnect*, in *Studies on Labour Law and Social Policy* vol. 29, n. 1, 2022.
- Johnson W. G., *Governance tools for the second quantum revolution*, in *Jurimetrics*, vol. 59, n. 4, 2019.
- Kahneman D., *Pensieri lenti e pensieri veloci*, Mondadori, 2020.
- Kaiser B., Chiappa C., *La dittatura dei dati: la talpa di Cambridge Analytica svela come i big data e i social vengono usati per manipolarci e minacciare la democrazia*, Harper Collins, 2019.
- Kandel E., Schwartz J., Jessel T., Siegelbaum S., Hudspeth A. J., *Principi di neuroscienze*, Casa editrice ambrosiana, 2014.
- Kaplan J., *Intelligenza artificiale*, LUISS University Press, 2018.
- Kauffman M., *Diritti umani*, Guida, 2009.
- Kennedy H. C., Peano. *Storia di un matematico*, Bollati Borghieri, 2020.
- Kliegr T., Bahník S., Fürnkranz J., *A review of possible effects of cognitive biases on interpretation of rule-based machine learning models*, in *Artificial Intelligence*, n. 295, 2021.

- Kline R., Cybernetics, *Automata Studies, and the Dartmouth Conference on Artificial Intelligence*, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 33, n. 4, 2011.
- Kneale W. C., Kneale M., *Storia della logica*, Giulio Einaudi editore, 1972.
- Koch C., *What Is Consciousness?*, in *Nature*, n. 557, 2018.
- Koops B. J., Leenes R., *Privacy Regulation Cannot Be Hardcoded. A Critical Comment on the 'Privacy by Design' Provision in Data-Protection Law*, in *International Review of Law, Computers & Technology*, vol. 28, n. 2, 2014.
- Kop M., Aboy M., De Jong E., Gasser U., Minssen T., Cohen G., Brongersma M., Quintel T., Floridi L., Laflamme R., *10 Principles for Responsible Quantum Innovation*, in *Quantum Science and Technology*, 2023.
- Kop M., *Establishing a Legal-Ethical Framework for Quantum Technology*, in *Yale Journal of Law & Technology (The Record)*, 2021.
- Kop M., *Quantum-ELSPI: A Novel Field of Research*, in *Digital society*, vol. 2, art. 20, 2023.
- Kurzweil R., *La singolarità è vicina*, Apogeo, 2008.
- Lagioia F., Sartor G., *L'intelligenza artificiale per i diritti dei cittadini: il progetto Claudette*, in *Ragion pratica*, n 1, 2020.
- Lai F., *Antropocene: per un'antropologia dei mutamenti socioambientali*, Editpress, 2020.
- Landi G., *Intelligenza artificiale come filosofia*, Tangram Edizioni Scientifiche, 2020.
- Leclerc I., *The Relevance of Whitehead: Philosophical Essays in Commemoration of the Centenary of the Birth of Alfred North Whitehead*, Taylor & Francis Group, 1994.
- LeCun Y., Bengio Y., Hinton G., *Deep learning*, in *Nature*, n. 521, 2015.
- Lee D., Chuen K., *Handbook of digital currency: bitcoin, innovation, financial instruments, and big data*, Academic Press, 2015.
- Lessig L., *Code is Law. On liberty in Cyberspace*, in *Harvard Magazine*, 2000.
- Lessig L., *Code version 2.0*, Basic Books, 2006.
- Lettieri N., *Antigone e gli algoritmi*, Mucchi editore, 2020.
- Levy S., *Hackers. Gli eroi della rivoluzione informatica*, Shake edizioni, 2021.

- Light J. S., *When Computers Were Women*, in *Technology and Culture*, Vol. 40, no. 3, 1999.
- Lilliu S., *L'immagine del pensiero. L'aura della figura tra antropologia e filosofia*, in *Nóema - Rivista online di filosofia*, n. 2, 2011.
- Livio M., *Dio è un matematico*, Rizzoli, 2009.
- Lohr S., *Data-ism: the revolution transforming decision making, consumer behavior, and almost everything else*, Harperbusiness, 2015.
- Lolli G., *Filosofia della matematica. L'eredità del Novecento*, Il Mulino, 2002.
- Lolli G., *Gödel*, in *Nuova informazione bibliografica, Il sapere nei libri*, vol. 3, 2008.
- Longo E., *La ricerca di un'antropologia costituzionale della società digitale*, in *Rivista italiana di informatica e diritto*, vol. 5, n. 2, 2024.
- Longo G., *Matematica e senso*, Mimesis, 2021.
- Losano M. G., Garbarino P., Cavino M., *Scritti di Informatica e diritto*, Mimesis, 2022.
- Losano M. G., *Il centenario di Konrad Zuse (1910-1995): il computer nasce in Europa*, in *Atti della Accademia delle scienze di Torino. Classe di scienze morali, storiche e filologiche*, n. 145, 2011.
- Losano M. G., *Storie di automi*, Einaudi, 1991.
- Lucas J., *Minds, Machines and Gödel*, in *Philosophy*, vol. 36, n. 137, 1961.
- Lucas J., *The Gödelian Argument: Turn over the Page*, in *Etica E Politica*, n. 5, vol. 1, 2003.
- Luise V., *Digital nomad lifestyle: a liminal experience of identity transition*, in *Sociologia del lavoro*, n. 162, 2022.
- Lynch C. R., *Artificial Emotional Intelligence and the Intimate Politics of Robotic Sociality*, in *Space and Polity*, vol. 25, n. 2, 2021.
- Machlup F., Mansfield U. (a cura di), *The Study of Information: Interdisciplinary messages*, John Wiley and Sons, 1983.
- Mackenzie A., *Machine Learners. An Archeology of a Data Practice*, The MIT Press, 2017.
- Magaudda P., Balbi G., *Fallimenti digitali. Un'archeologia dei «nuovi» media*, Unicopli, 2018.

- Mancosu P., *Il programma di Hilbert e i teoremi di incompletezza di Gödel*, in *Rivista di Filosofia Neo-Scolastica*, vol. 98, n. 3, 2006.
- Mangione C., Bozzi S., *Storia della logica. Da Boole ai nostri giorni*, Garzanti, 1993.
- Manno A.G., *Logica e scienze: forme di logica attuale, meccanicismo e teleologia*, Ed. Dehoniane, 1981.
- Manzocco R., *Esseri Umani 2.0*, Springer, 2004.
- Marcolongo I., Bossi A., L. Piatti, *Internet governance: una questione di digital trust*, in *Rivista italiana di informatica e diritto*, vol. 4, n. 1, 2022.
- Marmor A., *What Is the Right to Privacy?*, in *USC Law Legal Studies Paper*, n. 14-13, 2014.
- Martins M. G., Tateoki V. A., *Proteção de dados pessoais e democracia: fake news, manipulação do eleitor e o caso da Cambridge Analytica*, in *Revista Eletrônica Direito e Sociedade*, vol. 7, n. 3, 2019.
- Maschio F., *Autodeterminazione informativa, disposizioni anticipate di trattamento, cittadinanza digitale: evoluzione o frammentazione del quadro giuridico? Spatium cogitandi*, in *Archivio giuridico sassarese*, vol. 25, 2020.
- Matteuzzi M., Bianchini F., *Percezione, linguaggio, coscienza*, in *Discipline Filosofiche*, vol. 14, n. 2, 2004.
- Matteuzzi M., Bianchini F., S. Franchi (a cura di), *Turing-computabilità e Leibniz-computabilità*, in *Verso un'archeologia dell'intelligenza artificiale*, in *Discipline Filosofiche*, vol. 12, n. 1, 2007.
- Mawhin J., Henri Poincaré. *A Life in the Service of Science*, in *Notices of the AMS*, Frank Morgan, vol. 52, n. 9, 2005.
- Mayer-Schönberger V., Cukier K., *Big data. Una rivoluzione che trasformerà il nostro modo di vivere – e già minaccia la nostra libertà*, Garzanti, 2013.
- McCarthy J., M. Minsky, N. Rochester, C. Shannon, *A proposal for the Dartmouth summer research project on artificial intelligence: August 31, 1955*, in *The AI Magazine*, vol. 27, n. 4, 2006.
- McCorduck P., *Machines who think: a personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence*, W. H. Freeman and company, 1979.

- McCulloch W. S., W. A. Pitts, *A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity*, in *Bulletin of Mathematical Biophysics*, vol. 5, n.194.
- McStay A., G. Rosner, *Emotional artificial intelligence in children's toys and devices: Ethics, governance and practical remedies*, in *Big Data & Society*, vol. 8, n. 1, 2021.
- Mercurio L., *Knowledge management e valore aziendale*, Giappichelli, 2012.
- Metropolis N., J. Howlett J., Rota G., a cura di, *A history of computing in the twentieth century*, Academic Press, 1980.
- Micali S., *The Simulacrum and the Copy. The Contemporary Imagination of the Artificial Being*, in *Between*, vol. 12, n. 24, 2022.
- Misselhorn C., Poljanšek T., Störzinger T., Klein M. (a cura di), *Emotional Machines*, Springer VS, 2023.
- Mollo F., *Il trattamento dei dati biometrici nel quadro della strategia europea dei dati, fra rischi di mass surveillance e tutela dei diritti fondamentali*, in *Nuovi Autoritarismi e Democrazie: Diritto, Istituzioni, Società*, vol. 5, n. 2, 2023.
- Moor J., *The Dartmouth College Artificial Intelligence Conference: The Next Fifty Years*, in *AI Magazine*, vol. 27, n. 4, 2006.
- Mounier-Kuhn P. E., *The Institut Blaise-Pascal (1946 – 1969) from Couffignal's Machine to Artificial Intelligence*, in *Annals of the History of Computing*, vol. 11, n. 4, 1989.
- Mudrik L., Mylopoulos M., Negro N., Schurger A., *Theories of consciousness and a life worth living*, in *Current Opinion in Behavioral Sciences*, vol. 53, 2023.
- Mugnai M., *Introduzione alla filosofia di Leibniz*, Giulio Einaudi Editore, 2001.
- Müller P., *Il mentitore e il Medioevo. Il dibattito sui paradossi dell'autoriferimento Lorenzo Pozzi*, in *Rivista Di Filosofia Neo-Scolastica*, vol. 82, n. 4, 1990.
- Mura A., *La sfida scettica. Saggio sul problema logico dell'induzione*, ETS, 1992.
- Mussnug F., *Antropocene: decentrare l'uomo*, in 'O.B.L.I.O', vol. 11, n. 44, 2022.

- Newell A., Shaw J. C., Simon H. A., *Empirical explorations with the logic theory machine*, in *Psychological Review*, vol. 65, n. 3, 1958.
- Newell A., Simon H., *Computer science as empirical inquiry: symbols and search*, in *Communications of the ACM*, vol. 19, n. 3, 1976.
- Newell A., Simon H., *Human Problem Solving*, Prentice – Hall, 1972.
- Nikolinakos T., *EU Policy and Legal Framework for Artificial Intelligence, Robotics and Related Technologies - The AI Act*, Springer Cham, 2023.
- Nilsson N., *The quest for artificial intelligence a history of ideas and achievements*, Cambridge University Press, 2010.
- Nino M., *La normalizzazione della sorveglianza di massa nella prassi giurisprudenziale delle Corti di Strasburgo e Lussemburgo: verso il cambio di paradigma del rapporto privacy v. security*, in *Freedom, Security & Justice: European Legal Studies*, n. 3, 2022.
- Noble S., *Algorithms of oppression: How search engines reinforce racism*, New York University Press, 2018.
- Northoff G., *Il codice del tempo. Cervello, mente e coscienza*, Il Mulino, 2021.
- Nowe A., T. Lenaerts, K. Steenhaut, *Proceedings 15th Annual Machine Learning Conference of Belgium and The Netherlands*, Benelearn, 2006.
- Odifreddi P., *Gödel e Turing. La nascita del computer e la società dell'informazione*, Gruppo editoriale l'Espresso, 2012.
- Odifreddi P., *Il dio della logica. Vita geniale di Kurt Gödel, matematico della filosofia*, Longanesi, 2018.
- Ortalda A., S. Leucci, *Identità digitale e protezione dei dati personali: punti di incontro e rischi nelle discipline eIDAS e RGPD*, in *Rivista italiana di informatica e diritto*, vol. 4, n. 1, 2022.
- Orwell G., *1984*, Mondadori, 2019.
- Oster J., *Code is code and law is law. The law of digitalization and the digitalization of law*, in *International Journal of Law and Information Technology*, n. 29, 2021.
- Pagallo U., *Introduzione alla filosofia digitale, da Leibniz a Chaitin*, Giappichelli, 2005.

- Pagallo U., Durante M., *La politica dei dati il governo delle nuove tecnologie tra diritto, economia e società*, Mimesis, 2022.
- Pajno A., Donati F., Perrucci A., (a cura di), *Intelligenza artificiale e diritto: una rivoluzione?*, il Mulino, 2022.
- Pallazani L., *Il potenziamento umano. Tecnoscienza, etica e diritto*, Giappichelli Editore, 2015.
- Palmer S., *Man vs. Watson*, in *The Humanist*, vol. 71, n. 3, 2011.
- Palmirani M., *Big Data e conoscenza*, in *Rivista di filosofia del diritto, Journal of Legal Philosophy*, n. 1, 2020.
- Palmirani M., Sapienza S., *Big Data, Explanations and Knowability*, in *Ragion pratica, Rivista semestrale*, n. 2, 2021.
- Parisi D., *Ambienti digitali al posto della fiducia*, in *Sistemi intelligenti*, n.2, 2013.
- Pasolini P., *Il teorema di Gödel di fronte alla logica, alla cibernetica e all'assoluto*, in *Rivista Nuova Umanità*, n. 1, 1978.
- Pasquale F., Lo Storto G., Manca D., Bassotti P., *Le nuove leggi della robotica: difendere la competenza umana nell'era dell'intelligenza artificiale*, Luiss University Press, 2021.
- Peano G., *Arithmetices principia: nova methodo*, Fratres Bocca, 1889.
- Peano G., *Principii di logica matematica*, Guadagnini e Candellero, 1891.
- Pecere P., *Soul, Mind and Brain from Descartes to Cognitive Science*, Springer, 2021.
- Pedemonte E., *Digital Monopolies: What to Do to Defend Ourselves*, in *DigitCult - Scientific Journal on Digital Cultures*, vol. 3, n. 1, 2018.
- Pérès J. (a cura di), *Les machines à calculer et la pensée humaine, Paris, 8–13 janvier 1951, Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique*, Centre national de la recherche scientifique (CNRS), 1953.
- Perrucchiotti E., *Cyberuomo: dall'intelligenza artificiale all'ibrido uomo-macchina l'alba del transumanesimo e il tramonto dell'umanità*, Arianna Editrice, 2019.
- Perlingieri P., Giova S., Prisco I., *Il trattamento algoritmico dei dati tra etica, diritto ed economia atti del 14. Convegno nazionale, 9-10-11 maggio 2019, Grand Hotel Vesuvio, Napoli*, Napoli: Edizioni Scientifiche Italiane, 2020.

- Perugini M. L., *Distributed ledger technologies e sistemi di blockchain*, Editore key, 2018.
- Petroccia S., Ferone E., *European Identity Evolution*, in *Rivista trimestrale di scienza dell'amministrazione*, n. 2, 2022.
- Pias C., *Cybernetics. The Macy Conferences 1946-1953. The Complete Transactions*, Diaphanes, 2016.
- Pine II J., Gilmore J., *L'economia delle esperienze*, Rizzoli ETAS, 2015.
- Pinker S., *Come funziona la mente*, Castelvechi, 2013.
- Pino G., *Il diritto all'identità personale. Interpretazione costituzionale e creatività giurisprudenziale*, Il Mulino, 2003.
- Pintore A., *Non c'è libertà senza sicurezza*, in *Ragion pratica*, n. 1, 2018.
- Pires da Silva F., Mateus Jerónimo H., Lopes Henriques P., Ribeiro J., *Impact of digital burnout on the use of digital consumer platforms*, in *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 200, 2024.
- Pisani G., *Piattaforme digitali e autodeterminazione*, Mucchi editore, 2023.
- Poché P., *Dalle macchine pensanti ai robot inquietanti*, Ed. Sole 24 Ore, 2020.
- Poché P., *Pensare come un computer*, Ed. Bollati Boringhieri, 2019.
- Poincaré J. H., *La scienza e l'ipotesi*, La Nuova Italia, 1950.
- Poincaré J. H., *Scienza e metodo*, Einaudi, 1997.
- Pollicino O., Lubello V., Bassani M., *Identità ed eredità digitali: stato dell'arte e possibili soluzioni al servizio del cittadino*, Aracne Editrice, 2016.
- Pomarici U. (a cura di), *Atlante di filosofia del diritto*, Volume II, G. Giappichelli Editore, 2012.
- Ponzo J., G. Vissio, (a cura di), *Culture della persona: itinerari di ricerca tra semiotica, filosofia e scienze umane*, Accademia University Press, 2021.
- Portinaro P. P., *Leibniz, la logica e la giurisprudenza*, in *Materiali per una storia della cultura giuridica*, *Rivista fondata da Giovanni Tarello*, vol. 1, 2016.
- Prentice C., *Leveraging Emotional and Artificial Intelligence for Organisational Performance*, Springer Singapore, 2023.
- Preta A., Zoboli L., *Intelligenza artificiale ed economia dei dati. Profili regolatori e concorrenziali in tema di accesso e condivisione dei dati*, in *Analisi*

- Giuridica dell'Economia, Studi e discussioni sul diritto dell'impresa*, n. 1, 2019.
- Preti G., *La filosofia della matematica di B. Russell*, in *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, vol. 8, n. 2, 1953.
- Principato A., *Verso nuovi approcci alla tutela della privacy: privacy by design e privacy by default settings*, in *Contratto e impresa*, vol. 20, n. 1, 2015.
- Privateer P. M., *Inventing Intelligence. A Social History of Smart*, Blackwell Publishing, 2006.
- Pucheta M., Ribeiro Costa A. C., *Going Beyond the Right to Disconnect in a Flexible World: Light and Shadows in the Portuguese Reform*, in *Industrial Law Journal*, vol. 51, n 4, 2022.
- Quintarelli S., *Capitalismo immateriale. Le tecnologie digitali e il nuovo conflitto sociale*, Bollati Boringhieri, 2019.
- Stefano Quintarelli (a cura di), *Intelligenza artificiale. Cos'è davvero, come funziona, che effetti avrà*, Bollati Boringhieri, 2020
- Radanliev P., De Roure D., Maple C., Ani U., *Super-forecasting the 'technological singularity' risks from artificial intelligence*, in *Evolving Systems*, Springer, n. 13, 2022.
- Rainone E., *Ludwig Wittgenstein e i fondamenti della matematica. Quattro studi: Cantor, Dedekind, il Logicismo, la scoperta in matematica*, in *Nóema - Rivista online di filosofia*, n. 4 - 2, 2013.
- Raji I. D., Gebre T., Mitchell M., Buolamwini J., Lee J., Denton E., *Saving Face: Investigating the Ethical Concerns of Facial Recognition Auditing*, in *Proceedings of the AAAI/ACM Conference on AI, Ethics, and Society (AIES '20)*, 2020.
- Ramoinino Melilli G., *Filosofia e analisi in Gilbert Rylie*, ETS, 1997.
- Ramunni G., *Louis Couffignal, 1902-1966: Informatics Pioneer in France?*, in *Annals of the History of Computing*, vol. 11, n. 4, 1989.
- Raso F., Hilligoss H., Krishnamurthy V., Bavitz C., Kim L., *Artificial Intelligence & Human Rights: Opportunities & Risks*, Berkman Klein Center Research Publication, 2018.

- Ratto Tabucco F., *I rischi per la libertà personale di una banca dati sui generis: l'acquisizione delle impronte digitali per il passaporto biometrico*, in *Il Politico*, vol. 75, n. 2, 2010.
- Resta G., *Cosa c'è di europeo nella Proposta di Regolamento UE sulla intelligenza artificiale*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, n. 2, 2022.
- Resta G., *Identità personale e identità digitale*, in *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*, vol. 23, n. 3, 2007.
- Resta G., Zeno-Zencovich V., *Volontà e consenso nella fruizione dei servizi in rete*, in *Rivista trimestrale di diritto e procedura civile*, vol. 72, n. 2, 2018.
- Rezzani A., *Big data. Architettura, tecnologie e metodi per l'utilizzo di grandi basi di dati*, Apogeo Education - Maggioli Editore, 2013.
- Riccio G. M., *Diritto d'autore, Digital Services Act e la fragilità teorica dietro i diritti fondamentali*, in *Diritti umani e diritto internazionale*, n. 1, 2023.
- Ricciuto V., *Lo scambio dei dati con i contenuti e i servizi digitali: una nuova modalità di contrarre?*, in *European Journal of Privacy Law & Technologies*, n. 1, 2023.
- Ricciuto V., Solinas C., *Forniture di servizi digitali e pagamento con la prestazione dei dati personali un discusso profilo dell'economia digitale*, CEDAM, 2022.
- Richta R., *Civiltà al bivio. Le conseguenze umane e sociali della rivoluzione scientifica e tecnologica*, Franco Angeli Editore, 1972.
- Rister de Sousa Lima F., Finco M., *Diritti fondamentali e diritti umani: il contributo della teoria dei sistemi sociali. prospettive di indagine*, in *Revista Opinião Jurídica*, vol. 17, n. 26, 2019.
- Rodotà S., *Il diritto di avere diritti*, Editori Laterza, 2012.
- Rodotà S., *Tecnopolitica. La democrazia e le nuove tecnologie della comunicazione*, Editori Laterza, 2004.
- Rodotà S., *Elaboratori elettronici e controllo sociale*, Il Mulino, 1973.
- Rogers E., *Diffusion of innovations*, Free Press, 2003.
- Romeo F., *Dalla Giuritecnica di Vittorio Frosini alla Privacy by Design*, in *Informatica e diritto*, vol. 15, n. 2, 2016.

- Romeo F., *Giustizia e predittività. Un percorso dal machine learning al concetto di diritto*, in *Rivista di filosofia del diritto*, vol. 9, n. 1, 2020.
- Romeo F., *Il diritto artificiale*, Giappichelli, 2022.
- Romeo F., *Il limite dei diritti e la forza del diritto. II. Le metaregole della tecnica: Legal Protection by Design*, in *Diritto, Economia e Tecnologie della Privacy*, vol. VII, n. 2 – 3, 2016.
- Romeo F., *Lezioni di logica ed informatica giuridica*, Giappichelli Editore, 2012.
- Romeo F., *Privacy digitale e governo della tecnica*, in *'i-lex. Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive e Intelligenza Artificiale*, vol. 11, n. 1, 2017.
- Rossi P., *Clavis Universalis. Arti mnemoniche e logica combinatoria da Lullo a Leibniz*, Riccardo Ricciardi editore, 1960.
- Rossi P., *Studi sul lullismo e sull'arte della memoria nel rinascimento: la memoria artificiale come sezione della logica: Ramo, Bacone, Cartesio*, in *Rivista di storia della filosofia*, vol. 15, n. 1, 1960.
- Rubistein I., Good N., *Privacy by Design: A Counterfactual Analysis of Google and Facebook Privacy Incident*, in *Berkeley Technology Law Journal*, vol. 28, n. 2, 2013.
- Russell B., *Introduzione alla filosofia matematica*, Loganesi, 1962.
- Russell B., Whitehead A. N., *Principia mathematica*, Cambridge: At the University Press, 1950.
- Russell S., Norvig P., *Intelligenza artificiale. Un approccio moderno*, Pearson, 2010.
- Ryle G., *Il concetto di mente*, Editori Laterza, 2007.
- Saad W., Bennis M., Chen M., *A Vision of 6G Wireless Systems: Applications, Trends, Technologies, and Open Research Problems*, in *IEEE Network*, vol. 34, n. 3, 2020.
- Said E., *Orientalismo*, Feltrinelli, 2019.
- Sandrini M. G., *Filosofia dei metodi induttivi e logica della ricerca*, Firenze University Press, 2010.
- Santosuosso A., *Intelligenza artificiale e diritto*, Mondadori Education, 2020.
- Sartor G., *Gli agenti software e la disciplina giuridica degli strumenti cognitivi*, in *Diritto dell'informazione e dell'informatica*, n. 1, 2003.

- Sartor G., *L'informatica giuridica e le tecnologie dell'informazione*, Giappichelli, 2016.
- Sartor G., *L'intelligenza artificiale e il diritto*, Giappichelli, 2022.
- Sarzana di S. Ippolito F., Marini Balestra F., *Comunicazioni elettroniche europee. Direttiva (UE) 2018-172. 5G, fibra, cybersecurity, concorrenza e tutela degli utenti*, Ipsoa, 2019.
- Scagliarini S. (a cura di), *Il Nuovo Codice in Materia Di Protezione Dei Dati Personali: La Normativa Italiana Dopo il D. Lgs. 101/2018*, Giappichelli, 2019.
- Scanlon T., *Thomson on Privacy*, in *Philosophy and Public Affairs*, n. 4, 1975.
- Scarafile G., *Una ordinaria rarefazione. Brevi cenni sul nesso tra tecnologia e natura umana nell'orizzonte del transumanesimo*, in *Persona y Derecho*, vol. 84, n. 1, 2021.
- Schiavone M., *Il pensiero filosofico di Ludwig Wittgenstein alla luce del «Tractatus logico-philosophicus»*, in *Rivista di Filosofia Neo-Scolastica*, vol. 47, n. 3, 1955.
- Searle J., *Is the Brain a Digital Computer?*, in *Proceedings and Addresses of the American Philosophical Association*, vol. 64, n. 3, 1990.
- Searle J., *Minds, brains, and programs*, in *Behavioral and Brain Sciences*, Cambridge University Press, n. 3, 1980.
- Seel N. M. (a cura di), *Encyclopedia of the Sciences of Learning*, Springer, 2012.
- Shanahan M., *The Technological Singularity*, Cambridge: MIT Press, 2015
- Shannon C. E., *A Mathematical Theory of Communication*, in *The Bell System Technical Journal*, vol. 27, 1948.
- Shannon C. E., *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, in *Electrical Engineering*, vol. 57, n. 12, 1938.
- Sica S., D'Antonio V., Riccio G. M. (a cura di), *La nuova disciplina europea della privacy*, CEDAM, 2016.
- Sini C., *Whitehead e la funzione della filosofia*, Marsilio, 1965.
- Sirotti Gaudenzi A., *Il nuovo diritto d'autore: dalla società dell'informazione al mercato unico digitale*, Maggioli, 2023.

- Somenzi V., Cordeschi R. (a cura di), *La filosofia degli automi. Origini dell'Intelligenza Artificiale*, Mimesis, 2022.
- Sparavigna A. C., *La Logistica del Computer Quantistico e l'Informatica Relativa*, Zenodo, 2022.
- Stahl B. C., *From computer ethics and the ethics of AI towards an ethics of digital Ecosystems*, in *AI and Ethics*, n. 2, 2022.
- Stankovic R. S., Astola J. T., (a cura di), *Reprints from the early days of Information society. On the contribution of Akira Nakajima to switching theory*, Tampere International Center for Signal Processing, 2008.
- Stile G., *Transumanesimo. Una introduzione all'idea di evoluzione autodiretta*, in *Laboratorio dell'ISPF rivista elettronica di testi, saggi e strumenti*, vol. 12, 2015.
- Strozzi G., Mastroianni R., *Diritto dell'Unione Europea. Parte istituzionale*, Giappichelli, 2023.
- Susskind R., *L'avvocato di domani*, Guerini, 2019.
- Tamò-Larrieux A., *Designing for Privacy and its Legal Framework. Data Protection by Design and Default for the Internet of Things*, Springer, 2018.
- Tariq S., Iftikhar A., P. Chaudhary, K. Khurshid, *Is the 'Technological Singularity Scenario' Possible: Can AI Parallel and Surpass All Human Mental Capabilities?*, in *World Futures*, vol. 79, n. 2, 2023.
- Tassone B., *Riflessioni su intelligenza artificiale e soggettività giuridica*, in *Diritto di Internet*, vol. 2, 2023.
- Tatnall A., Leslie C., (eds), *International Communities of Invention and Innovation, HC 2016, IFIP Advances*, in *Information and Communication Technology*, vol. 491, Springer, 2016.
- Taulli T., *Generative AI*, Apress, 2023.
- Tesauro G., *Manuale di Diritto dell'Unione europea, Vol. 1*, Editoriale Scientifica, 2023.
- Testolin A., Zorzi M., *L'approccio moderno all'intelligenza artificiale e la rivoluzione del deep learning*, in *Giornale italiano di psicologia*, n. 2, 2021.
- Teti A., *PsychoTech. Il punto di non ritorno. La tecnologia che controlla la mente*, Springer-Verlag Italia, 2011.

- Tettamanzi A., *Algoritmi Evolutivi: Concetti e Applicazioni*, in *Mondo digitale*, n. 1, 2005.
- Thorndike E., *Human learning*, The Century Co, 1931, pp. 206.
- Tincani P., *Sorveglianza e potere. Disavventure dell'asimmetria cognitiva*, in *Ragion pratica, Rivista semestrale*, n. 1, 2018.
- Tonelli Olivieri G., *Ideale lulliano e dialettica ramista: le dialecticae institutiones del 1543*, in *Annali Della Scuola Normale Superiore Di Pisa. Classe Di Lettere e Filosofia*, vol. 22, n. 3, 1992.
- Trincherò M., (a cura di), *Sistema di logica deduttiva e induttiva*, UTET, 1988.
- Tripodi P., *Ludwig Wittgenstein*, in *Nuova informazione bibliografica, Il sapere nei libri*, vol. 2, 2010.
- Turing A., *On computable numbers, with an application to the Entscheidungsproblem*, in *Proceedings of the London Mathematical Society*, Oxford University Press, Serie 2, vol. 42, 1936.
- Turing A., *Computing Machinery and Intelligence*, in *Mind*, Oxford University Press, vol. 59, n. 236, 1950.
- Turing A., Lolli G., *Intelligenza meccanica*, Bollati Boringhieri, 1994.
- Ulam S., *Tribute to John von Neumann*, in *Bulletin of the American Mathematical Society*, vol. 64, n. 3, parte 2, 1958.
- Van Dijck J., Poell T., Waal M., *Platform society. Valori pubblici e società connessa*, Guerini scientifica, 2019.
- Varian H., *Beyond big data*, in *Business Economics*, vol. 49, n. 1, 2014.
- Vasa A., *Struttura e interpretazione della logica di Russell*, in *Rivista Critica Di Storia Della Filosofia*, vol. 8, n. 2, 1953.
- Vatinno G., *Il transumanesimo: una nuova filosofia per l'uomo del XXI secolo*, Armando, 2010.
- Viano C. A., *La logica di Aristotele e la scienza contemporanea*, in *Giornale degli Economisti e Annali di Economia*, vol. 11, n. 7/8, 1952.
- Viano C. A., *Studi sulla logica di Aristotele: l'orizzonte linguistico della logica aristotelica*, in *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, vol. 9, n. 1, 1954.
- Viano, C. A., *Sillogismo ed esperienza nella logica aristotelica*, in *Rivista Critica di Storia della Filosofia*, vol. 9, n. 5, 1954.

- Vissio G., (a cura di), *Culture della persona: itinerari di ricerca tra semiotica, filosofia e scienze umane*, Accademia University Press, 2021.
- Vitale E., Cattaneo F. (a cura di), *Web e società democratica. Un matrimonio difficile*, Accademia University Press, 2018.
- Von Neumann J., *First Draft Report on the EDVAC*, in *IEEE Annals of the History of Computing*, vol. 15, n. 4, 1993.
- Vong W. K., Wang W., Orhan E., Lake B. M., *Grounded language acquisition through the eyes and ears of a single child*, in *Science*, n. 383, 2024.
- Wang Z., *The role of iconic practice in Bruno's gnoseology*, in *Humanities & Social Sciences Communications*, Palgrave Macmillan, vol. 9, n. 1, 2022.
- Warren S. D., Brandeis L. D., *The Right to Privacy*, in *Harvard Law Review*, vol. 4, n. 5. 1890.
- Weiser M., *The Computer for the 21 St Century*, in *Scientific America*, vol. 265, n. 3, 1991.
- Wiener N. A., *Cybernetics: or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Cambridge MIT Press, 1948.
- Wiener N. A., *Introduzione alla cibernetica*, Edizioni Scientifiche Einaudi, 1953.
- Wiener N. A., *La cibernetica. Controllo e comunicazione nell'animale e nella macchina*, Il saggiatore, 1982.
- Williams M. R., *A history of computing technology*, IEEE Computer Society Press, 1997.
- Willis L., *Why Not Privacy by Default?*, in *Berkeley Technology Law Journal*, vol. 29, n. 1, 2014.
- Wimmer M., Moraes T. G., *Quantum Computing, Digital Constitutionalism, and the Right to Encryption: Perspectives from Brazil*, in *Digital society*, vol. 1, art. 12, 2022.
- Winograd T., *Procedures as a representation for data in a computer for understanding natural language*, MIT AI Technical Report, n. 235, 1971.
- Witten I., Frank E., Hall M., *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*, Elsevier, 2011.
- Wolfson J., *The Expanding Scope of Human Rights in a Technological World. Using the Interamerican Court of Human Rights to Establish a Minimum*

- Data Protection Standard Across Latin America*, in *University of Miami Inter-American Law Review*, vol. 48, n. 3, 2017.
- Wylie C., *Il mercato del consenso. Come ho creato e poi distrutto Cambridge Analytica*, Longanesi, 2020.
- Yamada A., *History of Research on Switching Theory in Japan*, in *IEEJ Transactions on Fundamentals and Materials*, vol. 124, n. 8, 2004.
- Yannakis G., Togelius J., *Artificial Intelligence and Games*, Springer, 2018.
- Zanichelli M., *Affidabilità, diritti fondamentali, centralità dell'essere umano: una strategia europea per l'intelligenza artificiale*, in *i-lex. Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive e Intelligenza Artificiale*, vol. 12, nn. 1 – 3, 2019.
- Zeno-Zencovich V., voce *Identità personale*, in *Digesto discipline privatistiche, sezione civile*, n. IX, Giappichelli, 1993.
- Ziccardi G., *Aggiustare il mondo. La vita, il processo e l'eredità dell'hacker Aaron Swartz*, Milano University Press, 2022.
- Ziccardi G., *Il ricatto digitale. Geopolitica, sorveglianza e controllo*, in *il Mulino, Rivista trimestrale di cultura e di politica*, n. 4, 2017.
- Ziccardi G., *Internet, controllo e libertà. Trasparenza, sorveglianza e segreto nell'era tecnologica*, Cortina, 2015.
- Ziccardi G., *Sorveglianza elettronica, data mining e trattamento indiscriminato delle informazioni dei cittadini tra esigenze di sicurezza e diritti di libertà*, in *Ragion pratica, Rivista semestrale*, n. 1, 2018.
- Zuboff S., *Il capitalismo della sorveglianza*, LUISS University Press, 2019.

SITOGRAFIA

Agenzia dell'Unione europea per i diritti fondamentali, *Getting the future right: artificial intelligence and fundamental rights:report*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2020, in <https://data.europa.eu/doi/10.2811/58563>

Agenzia dell'Unione europea per i diritti fondamentali, *Preventing unlawful profiling today and in the future: a guide*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, 2019, in <https://data.europa.eu/doi/10.2811/770422>

AI HLEG, *A definition of ai: main capabilities and disciplines*, 2019, in <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/library/definition-artificial-intelligence-main-capabilities-and-scientific-disciplines>

Aliotta A., *Induzione*, in *Enciclopedia Italiana Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 1933, in https://www.treccani.it/enciclopedia/induzione_res-33f7444f-8bb0-11dc-8e9d-0016357eee51_%28Enciclopedia-Italiana%29/

Bagaria J., *Set Theory*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta, 2023, in <https://plato.stanford.edu/entries/set-theory/>

Bozzi S., *lambda-calcolo*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2008, in https://www.treccani.it/enciclopedia/lambda-calcolo_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/

Britannica, The Editors of Encyclopaedia, *Georg Cantor*, in *Encyclopedia Britannica*, 2023, in <https://www.britannica.com/biography/Georg-Ferdinand-Ludwig-Philipp-Cantor>

Butlin P., Long R., Elmoznino E., Bengio Y., Birch J.C., Constant A., Deane G., Fleming S. M., Frith C. D., Ji X., Kanai R., Klein C., Lindsay G. W., Michel M., Mudrik L., Peters M. A., Schwitzgebel E., Simon J., VanRullen R., 2023, *Consciousness in Artificial Intelligence: Insights from the Science of Consciousness*, in arXiv:2308.08708

Cannito L., *Cosa sono i bias cognitivi?*, in *Economia comportamentale*, Laboratorio di Economia Comportamentale dell'Università di Chieti -

Pescara, 2017, in

<https://www.economicomportamentale.it/2017/07/27/cosa-sono-i-bias-cognitivi/>

Constantini D., *Logica induttiva*, in *Enciclopedia Italiana Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, V Appendice, 1993, in https://www.treccani.it/enciclopedia/logica-induttiva_%28Enciclopedia-Italiana%29/

Copeland B. J., *Artificial Intelligence*, in *Encyclopedia Britannica*, 2023, in <https://www.britannica.com/technology/artificial-intelligence>

Copeland B. J., *The Modern History of Computing*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta ed., 2006, in <https://plato.stanford.edu/archives/win2017/entries/computing-history/#Col>

datascience@berkeley, the online Master of Information and Data Science from UC Berkeley in <https://ischoolonline.berkeley.edu/blog/what-is-machine-learning/>

Deutsch H., Marshall O., *Alonzo Church*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), 2022, in <https://plato.stanford.edu/entries/church/index.html>.

Electronic Frontier Foundation, in www.eff.org

EPDB, *Dichiarazione sul regolamento relativo alla vita privata e alle comunicazioni elettroniche*, n. 3/2021, in https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/statements/statement-032021-eprivacy-regulation_en

Fauvel J., *L'Ottocento: matematica. Babbage e le origini del calcolo automatico*, in *Storia della scienza*, Istituto dell'Enciclopedia Italiana, 2003, in [https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-matematica-babbage-e-le-origini-del-calcolo-automatico_\(Storia-della-Scienza\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/l-ottocento-matematica-babbage-e-le-origini-del-calcolo-automatico_(Storia-della-Scienza))

Forrest P., *The Identity of Indiscernibles*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), 2010, in <https://plato.stanford.edu/entries/identity-indiscernible/>

Goerzel B., *The General Theory of General Intelligence: A Pragmatic Patternist Perspective*, 2021, in <https://arxiv.org/abs/2103.15100>

Graziani P., Sangoi M., *La Macchina Aritmetica di Blaise Pascal*, in *Isonomia. Rivista online di filosofia dell'Università di Urbino 'Carlo Bo'*, 2005, in <http://isonomia.uniurb.it>

Grey J., “*Let us Calculate!*” *Leibniz, Llull, and the Computational Imagination*, in *The public domain review*, 2016, in <https://publicdomainreview.org/essay/let-us-calculate-leibniz-llull-and-the-computational-imagination/>

Gruppo di lavoro articolo 29 per la protezione dei dati, *Linee guida sul processo decisionale automatizzato relativo alle persone fisiche e sulla profilazione ai fini del regolamento 2016/679*, n. 17/2017, emendate in febbraio 2018, in https://edpb.europa.eu/our-work-tools/our-documents/guidelines/automated-decision-making-and-profiling_it

Hu M., *Cambridge Analytica's black box*, in *Big Data & Society*, vol. 7, n. 2, 2020, in <https://doi.org/10.1177/2053951720938091>

In Man's Image, in ‘Time’, 27 Dicembre 1948, in <https://content.time.com/time/subscriber/article/0,33009,886484-1,00.html>

J. McCarthy to R. Morison, 9 Nov. 1956, in Rockefeller Foundation, Record Group 1.2, Series 200, Box 26, Folder 219, Dartmouth College – Artificial Intelligence – (Computers), 1955 – 1957, in <https://dimes.rockarch.org/objects/ZbZohZDEsi9kKVuERRAC9A/view>

Littman M. L., Ajunwa I., Berger G., et al., *Gathering Strength, Gathering Storms: The One Hundred Year Study on Artificial Intelligence (AI100) 2021 Study Panel Report*, Stanford University, 2021, in <http://ai100.stanford.edu/2021-report>

Look B. C., *Gottfried Wilhelm Leibniz*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), 2013, in <https://plato.stanford.edu/entries/leibniz/>

Mechanization of Thought Processes, *Nature*, n. 182, 1958, in <https://www.nature.com/articles/1821416a0>

- Mill J. S., *A system of logic*, E-books@Adelaide, 2011, in <https://archive.org/details/john-stuart-mill-a-system-of-logic/page/n1/mode/2up?view=theater>
- Nakamoto S., *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, 2008, in <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>;
- Odifreddi P., 'Gödel, Escher e Bach' di Douglas Höfstadter, e 'La nuova mente dell'imperatore' di Roger Penrose, *l'intelligenza artificiale ed i teoremi di incompletezza di Gödel* in http://scienzagiovane.unibo.it/intartificiale/odifreddi/godel_ia.html
- Parisi D., *Reti neurali e vita artificiale*, in *Enciclopedia della scienza e della tecnica*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2007, [https://www.treccani.it/enciclopedia/reti-neurali-e-vita-artificiale_\(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica\)](https://www.treccani.it/enciclopedia/reti-neurali-e-vita-artificiale_(Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica))
- Peckhaus V., *Leibniz's Influence on 19th Century Logic*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), 2018, in <https://plato.stanford.edu/entries/leibniz-logic-influence/>
- Priani E., *Ramon Llull*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta ed., 2021, in <https://plato.stanford.edu/entries/llull/>
- Rockefeller Foundation, Record Group 1.2, Series 200, Box 26, Folder 219, Dartmouth College – Artificial Intelligence – (Computers), 1955 – 1957, in <https://dimes.rockarch.org/objects/ZbZohZDEsi9kKVuERRAC9A/view>
- Shannon C. E., *A symbolic analysis of relay and switching circuits*, Ph.D. thesis, Massachusetts Institute of Technology, Dept. of Electrical Engineering, 1940, in <https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/11173>
- Stone P., Brooks R., Brynjolfsson E., et al., *Artificial Intelligence and Life in 2030. One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel*, Stanford University, 2016, in <http://ai100.stanford.edu/2016-report>.
- Szczepanski M., *Is data the new oil? Competition issues in the digital economy*, European Parliamentary Research Service, 2020, in [https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI\(2020\)646117](https://www.europarl.europa.eu/thinktank/en/document/EPRS_BRI(2020)646117).

Tanney J., *Gilbert Ryle*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta ed., in <https://plato.stanford.edu/archives/sum2022/entries/ryle/>

Thagard P., *Cognitive Science*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta (ed.), 2023, in <https://plato.stanford.edu/entries/cognitive-science>.

voce *Aristotele*, in *Enciclopedia Treccani on-line*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in

<https://www.treccani.it/enciclopedia/aristotele/>

voce *Aristotele*, in *Vocabolario filosofico Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2009, in

https://www.treccani.it/enciclopedia/aristotele_%28Dizionario-di-filosofia%29/

voce *Automa*, in *Enciclopedia Treccani on-line*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/automa>

voce *creatività*, in *Vocabolario on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/vocabolario/creativita/>

voce *deepfake*, in *Vocabolario on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2018, in

[https://www.treccani.it/vocabolario/deepfake_\(Neologismi\)](https://www.treccani.it/vocabolario/deepfake_(Neologismi)).

voce *insight*, in *Enciclopedia Treccani on-line*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/insight/>.

voce *Intelligenza*, in *Vocabolario online Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in

<https://www.treccani.it/vocabolario/intelligenza/>

voce *Meccanicismo*, in *Enciclopedia on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in

<https://www.treccani.it/enciclopedia/meccanicismo>.

voce *Raimondo Lullo*, in *Enciclopedia on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2022, in

<https://www.treccani.it/enciclopedia/raimondo-lullo/>

voce *Regola di Hebb*, in *Enciclopedia della Scienza e della Tecnica*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2008, in

https://www.treccani.it/enciclopedia/regola-di-hebb_%28Enciclopedia-della-Scienza-e-della-Tecnica%29/

voce *Robot*, in *Enciclopedia Treccani on-line*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani 2022, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/robot>

voce *Sistema di logica deduttiva e induttiva (A system of logic ratiocinative and inductive)*, in *Dizionario di Filosofia Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2009, in [https://www.treccani.it/enciclopedia/sistema-di-logica-deduttiva-e-induttiva_\(Dizionario-di-filosofia\)/](https://www.treccani.it/enciclopedia/sistema-di-logica-deduttiva-e-induttiva_(Dizionario-di-filosofia)/)

voce *solipsismo*, in *Enciclopedia Italiana*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2023, in <https://www.treccani.it/enciclopedia/solipsismo/>

voce *Tecnologia*, in *Vocabolario on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2020, in <https://www.treccani.it/vocabolario/tecnologia>

voce *trasduzione*, in *Vocabolario on-line Treccani*, Istituto della Enciclopedia Italiana Treccani, 2023, in <https://www.treccani.it/vocabolario/trasduzione/>.

Wisstein E. W., *Gödel's First Incompleteness Theorem*, in *MathWorld – A Wolfram Web Resource*, Wolfram Research, 2022, in <https://mathworld.wolfram.com/GoedelsFirstIncompletenessTheorem.html>

Zach R., *Hilbert's Program*, in *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, Edward N. Zalta ed., 2019, in <https://plato.stanford.edu/archives/fall2019/entries/hilbert-program>

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/data-governance-act-explained>

<https://goertzel.org/who-coined-the-term-agi/>.

<https://openai.com>

<https://www.garanteprivacy.it/web/guest/home/docweb/-/docweb-display/docweb/9512226>

https://www.nsf.gov/publications/pub_summ.jsp?ods_key=nsf12499;

<https://www.rockefellerfoundation.org>