

Ruben Razzante
(a cura di)

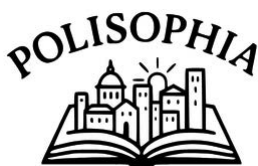
IL PENDOLO DELL'ALGORITMO

SGUARDI
MULTIDISCIPLINARI
SULL'INTELLIGENZA
ARTIFICIALE



FrancoAngeli

Polisophia è una Community per l’Innovazione Responsabile
fondata dal Professor Ruben Razzante con l’obiettivo
di contribuire a diffondere una corretta e matura visione
del rapporto tra persona e tecnologie, favorendo il dialogo
tra imprese, associazioni, istituzioni, mondo della formazione, cittadini.



Ruben Razzante
(a cura di)

IL PENDOLO DELL'ALGORITMO

SGUARDI
MULTIDISCIPLINARI
SULL'INTELLIGENZA
ARTIFICIALE



FrancoAngeli

Per il sostegno alla realizzazione del volume e alle attività di *Polisophia* si ringraziano Intesa Sanpaolo e BANCOMAT.

INTESA  SANPAOLO

BANCOMAT

Isbn e-book: 9788835190899

Copyright © 2026 by FrancoAngeli s.r.l., Milano, Italy.

L'opera, comprese tutte le sue parti, è tutelata dalla legge sul diritto d'autore. Sono riservati i diritti per Text and Data Mining (TDM), AI training e tutte le tecnologie simili. L'Utente nel momento in cui effettua il download dell'opera accetta tutte le condizioni della licenza d'uso dell'opera previste e comunicate sul sito www.francoangeli.it.

I link attivi presenti nel volume sono forniti dall'autore.
L'editore non si assume alcuna responsabilità sui link ivi contenuti
che rimandano a siti non appartenenti a FrancoAngeli.

Indice

Prefazione, di <i>Alvise Biffi</i>	pag.	7
Introduzione, di <i>Ruben Razzante</i>	»	11
Gli usi responsabili dell'AI nel settore farmaceutico, di <i>Marcello Cattani</i>	»	13
Oltre l'algoritmo: innovare con metodo, crescere con fiducia, di <i>Marco Elio Rottigni</i>	»	23
L'Intelligenza Artificiale nel largo consumo: un viaggio dalla produzione al consumatore, di <i>Vittorio Cino</i>	»	31
Intelligenza Artificiale e cittadinanza consapevole: il pensiero critico come baluardo della libertà, di <i>Davide Zanon</i>	»	41
Etica, responsabilità e Intelligenza Artificiale. Principi per un governo umano della tecnologia, di <i>Claudio Bassoli</i>	»	49
Oltre l'oracolo: Intelligenza Artificiale, prevedibilità del diritto e ruolo del giudice, di <i>Mario Di Giulio</i>	»	57

INDICE

Un ecosistema di relazioni intelligenti: l'AI nella consulenza di sostenibilità, di <i>Giulia Devani</i>	pag. 65
<i>Computo, ergo non sum</i> . Perché le macchine non pensano, ma sanno persuadere, di <i>Vincenzo D'Innella Capano</i>	» 73
Ruolo degli algoritmi nella didattica universitaria e nella crescita, eticamente ispirata, della comunità accademica, di <i>Paolo Martelli</i>	» 81
Anatomia morale dell'animale tecnologico, di <i>Sara Rubinelli</i>	» 89
Il pendolo dell'algoritmo, di <i>Ruben Razzante</i>	» 97
Intelligenza Artificiale. Una rivoluzione che la scuola è chiamata a governare, di <i>Roberto Pasolini</i>	» 105
Innovare in modo responsabile: il ruolo del giurista e le tutele del diritto civile nell'era digitale, di <i>Antonio Albanese</i>	» 113
Automazione e responsabilità nella professione notarile, di <i>Alessandra Radaelli</i>	» 121
L'Intelligenza Artificiale nella gestione delle risorse umane: tra sfide e opportunità, di <i>Maria Chiara Vola</i>	» 129

Prefazione

di *Alvise Biffi**

L'innovazione è oggi una dimensione strutturale dello sviluppo economico e sociale. Non rappresenta più un fattore esterno da integrare progressivamente nei processi produttivi, ma il contesto stesso entro cui imprese, istituzioni e persone operano. In questo scenario, l'Intelligenza Artificiale si afferma come una delle principali forze di trasformazione, con effetti che attraversano l'economia, il lavoro, l'organizzazione delle imprese e i modelli decisionali.

Per il sistema produttivo l'AI è innanzitutto una leva di competitività. Consente di migliorare la produttività, aumentare l'efficienza dei processi, rafforzare la qualità dei prodotti e dei servizi, rendere più resilienti le filiere industriali. È una tecnologia che, se correttamente applicata, può sostenere la crescita e accompagnare le grandi transizioni in atto, da quella digitale a quella energetica.

Allo stesso tempo, l'Intelligenza Artificiale pone interrogativi rilevanti. Non solo per le sue applicazioni tecniche, ma per il modo in cui incide sull'organizzazione del lavoro, sulle competenze richieste, sulla distribuzione del valore e sulla responsabilità delle decisioni automatizzate. La sua diffusione rende necessario un approccio consapevole, capace di tenere insieme sviluppo tecnologico e visione di lungo periodo.

* Presidente Assolombarda.

È in questo equilibrio che si colloca il tema dell'Innovazione Responsabile. Responsabile non significa prudente in senso restrittivo, né orientata a rallentare il cambiamento. Significa, piuttosto, un'innovazione governata, inserita in una strategia che tenga conto delle implicazioni economiche, sociali e civili delle tecnologie. In una fase di accelerazione continua, la responsabilità diventa un fattore di solidità e di sostenibilità nel tempo.

Per le imprese, questa sfida è particolarmente rilevante. I dati mostrano come l'adozione dell'Intelligenza Artificiale sia ancora fortemente concentrata nelle realtà di maggiori dimensioni, mentre una parte significativa del tessuto produttivo – in particolare le piccole e medie imprese – fatica ad accedere a queste tecnologie. Il rischio è che l'innovazione, invece di ridurre i divari, finisca per ampliarli, incidendo sulla competitività complessiva del sistema industriale.

Per questo è fondamentale lavorare affinché l'AI diventi uno strumento realmente diffuso e integrabile nei processi produttivi. Servono investimenti e competenze, ma soprattutto metodo. La tecnologia, da sola, non è sufficiente: deve essere accompagnata da capacità organizzative, da modelli di utilizzo chiari e da una cultura dell'innovazione in grado di tradurre le potenzialità in valore concreto.

In questa direzione si collocano anche iniziative che puntano a rendere l'Intelligenza Artificiale una leva operativa di produttività per l'intero sistema industriale, e non solo per le imprese di maggiori dimensioni. Esperienze come Forgia, promossa da Assolombarda, nascono proprio dall'esigenza di accompagnare le imprese in un utilizzo consapevole dell'AI, trasformando dati e tecnologie in strumenti applicabili nei processi produttivi, secondo un approccio che unisce innovazione e responsabilità.

Accanto alla dimensione industriale, resta centrale il tema culturale. L'Intelligenza Artificiale non è soltanto una questione tecnologica: è una trasformazione che richiede pluralità di sguardi, dialogo tra discipline, capacità di leggere insieme opportunità e limiti. Costruire spazi di riflessione condivisa tra impresa, università, istituzioni e mondo delle professioni significa rafforzare

la qualità delle decisioni e la capacità collettiva di governare il cambiamento.

In questa prospettiva si colloca anche l'esperienza di *Polisophia*, la Community per l'Innovazione Responsabile fondata da Ruben Razzante, a cui Assolombarda aderisce con convinzione. *Polisophia* nasce come uno spazio stabile di confronto tra imprese, università, professionisti e istituzioni, con l'obiettivo di costruire un pensiero comune capace non solo di interpretare l'innovazione, ma di guidarla. Un luogo in cui riflessione e azione si tengono insieme, per rendere le tecnologie più accessibili e orientate allo sviluppo economico e sociale. Iniziative come questa mostrano come la qualità dell'innovazione dipenda sempre più dalla capacità di costruire alleanze tra saperi e competenze, trasformando il progresso tecnologico in valore reale per il sistema produttivo e per la società.

L'Innovazione Responsabile non è dunque un principio astratto, ma una pratica che si costruisce nel tempo, attraverso il confronto, la sperimentazione e l'assunzione di responsabilità. È una scelta che consente di mettere la tecnologia al servizio dello sviluppo economico e della persona, evitando semplificazioni e scorciatoie.

Questo volume contribuisce a tenere aperto un confronto necessario su una trasformazione che riguarda tutti. È un invito a coltivare una cultura dell'innovazione capace di guardare lontano senza perdere il contatto con le persone. È in questo equilibrio che si costruisce la capacità di affrontare il cambiamento con visione e consapevolezza.

Introduzione

di *Ruben Razzante**

Polisophia è una Community per l'Innovazione Responsabile, uno spazio di pensiero e di confronto che posiziona al centro l'essere umano nel progresso tecnologico. La nostra missione è promuovere un'innovazione che non sia cieca ma consapevole, etica e orientata al bene comune. Innovare responsabilmente significa scegliere con cura cosa trasformare, custodire ciò che conta e superare ciò che non serve più. Significa unire il pensiero all'azione, senza mai perdere di vista la persona, le istituzioni, l'impresa e l'ambiente. La nostra Community è più di un pensatoio: è una comunità che cresce insieme, una visione collettiva che guarda lontano ma con radici salde nei valori umani e sociali. Vogliamo contribuire a costruire un futuro in cui la tecnologia sia al servizio dell'umanità, rafforzi la dignità, promuova l'equità e preservi i diritti fondamentali. *Polisophia* aggrega soggetti pubblici e privati attenti ai valori del nuovo umanesimo digitale e interessati a declinare nei rispettivi ambiti di operatività professionale e istituzionale i concetti di inclusività, sostenibilità, solidarietà, resilienza. Imprese, istituzioni, associazioni, luoghi di formazione e produzione culturale si confronteranno, tra di loro e con soggetti esterni, in iniziative formative, convegnistiche ed editoriali per produrre un pensiero laterale in grado di supportare i decisori istituzionali nelle scelte che compiranno nei prossimi anni sul versante tecnologico e dell'Innovazione Responsabile.

* Fondatore di *Polisophia*.

L'ordine dei saggi ospitati in questo volume non è casuale. In apertura la voce delle associazioni, a seguire quella delle imprese, degli studi professionali e del mondo della formazione, con i diversi approcci all'uso responsabile dell'AI.

Gli usi responsabili dell'AI nel settore farmaceutico

di *Marcello Cattani**

Lo scenario della trasformazione digitale farmaceutica

La farmaceutica sta vivendo una forte accelerazione scientifica e tecnologica: negli ultimi 10 anni è raddoppiato da 12mila a 24mila il numero di farmaci in fase di R&S, e sono raddoppiati anche gli investimenti globali in R&S dell'industria farmaceutica: da 150 mld a oltre 300 mld di dollari all'anno.

Al centro di questa innovazione scientifica, clinica e organizzativa ci sono i dati sanitari elettronici e la loro elaborazione con sistemi di Intelligenza Artificiale, non solo per uso primario di cura, ma anche per uso secondario di ricerca.

Il dato sanitario digitale sta diventando un vero e proprio fattore della produzione, al pari degli investimenti e del lavoro.

Ma per produrre valore è necessario completare e uniformare la qualità della digitalizzazione dei processi di raccolta, analisi e generazione di evidenze.

L'AI, attraverso l'analisi di Big Data sanitari, come dati genomici, immagini mediche e cartelle cliniche elettroniche, sta potenziando diversi aspetti del ciclo di vita della farmaceutica:

* Presidente Farindustria da luglio 2022. È anche Presidente e Amministratore Delegato di Sanofi Italia e Malta dal 2020. È nel Consiglio Generale di Confindustria. È membro del Consiglio Generale di Assolombarda e del Consiglio Direttivo di Assobiotech. È anche componente del Consiglio Generale di Federchimica e del Consiglio Generale dell'Aspen Institute Italia.

- **Drug Discovery:** algoritmi di AI identificano rapidamente nuovi bersagli terapeutici, predicono l'interazione farmaco-recettore, analizzano dati genomici e proteomici (dati omici), e generano in silico nuove molecole candidate, accelerando significativamente le fasi iniziali e rendendo più efficiente la progettazione di composti farmacologici.
- **Sviluppo Preclinico:** modelli predittivi basati sull'AI stimano la tossicità e il profilo farmacocinetico dei candidati, minimizzando la necessità di test in vivo e in vitro non necessari e aumentando il tasso di successo dei composti.
- **Studi Clinici:** l'AI ottimizza il disegno degli studi clinici, migliorando la selezione e il reclutamento dei pazienti (identificando i soggetti più idonei), monitorando le performance dei siti in tempo reale e automatizzando la gestione dei dati riducendo il numero di trial infruttuosi.
- **Medicina di Precisione:** l'AI è cruciale nello sviluppo di terapie personalizzate, prevedendo la risposta individuale a specifici trattamenti e minimizzando gli effetti collaterali sulla base del profilo genetico e clinico del paziente.
- **Farmacovigilanza:** sistemi di Machine Learning analizzano dati da fonti eterogenee (es. cartelle cliniche elettroniche, social media) per il rilevamento precoce delle reazioni avverse ai farmaci. L'analisi automatizzata di questi grandi dataset può aiutare a identificare eventi avversi non ancora noti, migliorando la sicurezza post-commercializzazione dei farmaci.

Lo sviluppo e l'impiego delle tecnologie di AI non possono prescindere dalla cultura della responsabilità e della supervisione umana, affinché la salute dei pazienti sia sempre al centro del progresso scientifico.

I pilastri dell'uso responsabile dell'AI

Già nel 2019 Papa Francesco riuscì a mettere attorno allo stesso tavolo i manager hi-tech e i leader religiosi, gli scienziati

e i giuristi, rappresentanti di istituzioni democratiche e filosofi morali e presentò – attraverso la Pontificia Accademia per la Vita – la Rome Call for AI Ethics¹, un documento programmatico con l'obiettivo di promuovere il senso di responsabilità condivisa nello sviluppo dell'Intelligenza Artificiale, affinché il progresso tecnologico garantisse sempre il rispetto della dignità di ogni persona e della nostra “casa comune”.

In questo documento venivano articolati sette principi etici fondamentali – veri e propri cardini dell'AI antropocentrica immaginata dal Papa – a cui i firmatari si sono impegnati a aderire:

- Trasparenza – le tecnologie di AI devono essere comprensibili e spiegabili nelle loro logiche di funzionamento;
- Affidabilità – devono funzionare in modo sicuro e corretto, secondo gli scopi per cui sono progettati;
- Sicurezza e privacy – la progettazione deve prevenire abusi, proteggere i dati personali e garantire la sicurezza degli utenti;
- Imparzialità – i sistemi di AI devono evitare pregiudizi e bias ingiusti, trattando tutti equamente;
- Inclusione – devono essere disponibili a beneficio di tutti gli esseri umani, senza discriminazioni;
- Responsabilità – occorre definire chiaramente chi risponde degli effetti prodotti dagli algoritmi.

Nel campo delle Scienze della Vita questi principi si sono rapidamente trasformati in 4 pilastri tanto morali quanto tecnici:

1. Trasparenza e Spiegabilità (Explainability). I sistemi di AI, in particolare quelli basati sul Machine Learning, sono spesso caratterizzati dal fenomeno delle “scatole nere” (black boxes). Nella R&S farmaceutica, è imprescindibile che gli output dei modelli (ad esempio, la previsione dell'efficacia o della tossicità di un composto) siano spiegabili (explainable). I ricercatori devono comprendere le basi scientifiche e le feature dei dati

1. www.romecall.org/the-call, febbraio 2020.

che hanno portato l'algoritmo a una determinata decisione, al fine di validarla, correggere eventuali errori e mantenere la credibilità del modello.

2. **Robustezza, Sicurezza e Affidabilità.** I modelli di AI devono dimostrare robustezza e affidabilità. Ciò implica:
 - **Validazione Rigorosa:** i sistemi devono essere sottoposti a testing e validazione continua per assicurare che le loro previsioni siano accurate in contesti d'uso specifici e che mantengano le prestazioni nel tempo.
 - **Sicurezza dei Dati:** l'AI si nutre di dati sensibili (genomici, clinici). Sono necessarie misure tecniche adeguate (anonimizzazione e pseudonimizzazione) per proteggere la riservatezza delle informazioni dei pazienti, in linea con normative come il GDPR.
3. **Equità e Non Discriminazione.** Un rischio etico significativo risiede nella potenziale discriminazione introdotta dall'AI. Se gli algoritmi sono addestrati su dataset che riflettono una sottorappresentazione di minoranze etniche o di altri gruppi demografici, i modelli potrebbero produrre bias o suggerire cure non ottimali per tali popolazioni. È cruciale garantire la diversificazione dei dati di addestramento e un attento monitoraggio degli output per promuovere l'equità nell'accesso e nella qualità delle cure.
4. **Responsabilità e Governance.** In caso di errore di un sistema di AI che possa compromettere la sicurezza del paziente o la validità scientifica di un farmaco, la responsabilità deve essere chiaramente definita. La governance dell'AI nel settore farmaceutico richiede:
 - **Supervisione Umana:** l'essere umano, in particolare il clinico e il ricercatore, deve mantenere un ruolo centrale nel percorso decisionale, utilizzando l'AI come supporto.
 - **Quadro Normativo Adeguato:** organismi regolatori come l'EMA e la FDA stanno sviluppando linee guida specifiche per l'uso dell'AI basate sul rischio, allineate a livello globale e non duplicative rispetto alla legislazione esistente sui farmaci.

L'uso dell'AI nelle aziende farmaceutiche

L'industria farmaceutica sta investendo grandi risorse per inserire sistemi di Intelligenza Artificiale nella propria catena del valore in modo sistemico, a partire dalla ricerca di nuove molecole in fase di R&S preclinica, per passare poi all'arruolamento dei pazienti e agli studi clinici decentralizzati, per finire ai digital twin (gemelli digitali) e ai sistemi predittivi per gli impianti di produzione e l'analisi dei dati di HTA farmacovigilanza e RWE in fase di pre-commercializzazione e post marketing.

La sostenibilità di questa trasformazione dipenderà dalla capacità dell'industria farmaceutica di adottare l'AI non solo per efficienza, ma anche per efficacia, garantendo che le scoperte che ne derivano siano sicure, efficaci e accessibili a tutti i pazienti.

Il paradigma attuale è quello della digitalizzazione di funzioni e quindi di un lavoratore "aumentato", "potenziato" e non sostituito completamente dall'Intelligenza Artificiale. Molti task, anche a medio valore aggiunto, possono infatti essere svolti oggi dai sistemi di "AI ristretta" (narrow AI) in grado di eccellere in compiti specifici (es: interpretare una tac alla luce dei milioni di referti su cui la "macchina" è stata addestrata): ma per ora non è in causa la sostituibilità dell'essere umano.

Non è prevedibile tuttavia – vista la mole di investimenti – in quanto tempo le big tech riusciranno a raggiungere l'AI Generale (AGI, Artificial General Intelligence), un sistema capace di apprendere e ragionare come un cervello umano su qualunque compito cognitivo con comprensione generale del contesto, o addirittura la "superintelligenza" (ASI, Artificial Super Intelligence), quell'ipotetica macchina che supererà le capacità umane in tutti i campi cognitivi: analisi, creatività, strategia, intuizione, adattamento.

E non si tratta più di una visione distopica del futuro dal momento che oltre 800 esperti hanno firmato recentemente un appello per una "moratoria" della ricerca sull'Intelligenza Artificiale. Non si tratta di schierarsi tra apocalittici o integrati né di demonizzare l'AI. I firmatari riconoscono benefici come i

progressi in medicina e per la salute globale, ma si interrogano su questioni etiche e di sicurezza: se le macchine diventano così potenti, chi le controlla? E con quali garanzie?

Pur non essendo del tutto prevedibili i risultati delle traiettorie tecnologiche e innovative dei prossimi 10 anni, la ricerca e sviluppo nel settore farmaceutico sarà sempre improntata a metodo scientifico e prove di efficacia sull'essere umano che non potranno essere sostituite dagli algoritmi.

I vantaggi dell'AI per R&S, tuttavia, sono indubbi. Seguendo un iter tradizionale, una nuova molecola impiega in media circa 13 anni per raggiungere l'approvazione. Simulando il comportamento dei potenziali farmaci nell'organismo (anche attraverso i modelli di digital twin) e selezionando "in anticipo" i composti che hanno maggiori probabilità di successo, si possono ridurre le tempistiche delle fasi di laboratorio (secondo le stime fino al 40% dell'iter tradizionale), quelle in vitro ma anche i test su animali e diminuisce il rischio di fallimento nella fase clinica della ricerca (80-90% il tasso di successo delle molecole scelte dall'AI in fase 1, più alto della media storica stimata tra il 40% e il 55-65%)².

Le molecole in fase di sviluppo individuate con l'AI sono oltre 70 e sono quadruplicate nell'ultimo triennio³.

In questo quadro l'Italia si posiziona al terzo posto al mondo con 42 studi che citano l'uso di strumenti di AI dietro a Cina (105) e USA (97)⁴.

Naturalmente non mancano gli ostacoli, a partire dai temi etici e molte aziende hanno già sviluppato internamente dei codici di autoregolamentazione basati sui principi dell'OMS sopra evidenziati⁵.

Ci sono poi i problemi riguardo l'insufficiente digitalizzazione e standardizzazione dei dati sanitari. La preoccupazione è che

2. M.K.P. Jayatunga, M. Ayers, L. Bruens, D. Jayanth, C. Meier, *How successful are AI-discovered drugs in clinical trials? A first analysis and emerging lessons*, in *Drug Discovery Today*, Vol. 29, Issue 6, 2024.

3. IQVIA – Digital Health Trends 2024.

4. Artificial Intelligence Index Report 2025, Stanford University.

5. WHO, *Ethics and governance of artificial intelligence for health*, 2021.

i modelli di Machine Learning e Deep Learning possano essere suscettibili di distorsioni a causa di dati di scarsa qualità o della loro sottorappresentazione storica. I dati sintetici possono essere una risposta, per offrire un ambiente sicuro alla ricerca e allo sviluppo di nuove soluzioni terapeutiche.

AI e dati sintetici

I dati sintetici sono dati artificiali generati da dati originali e da un modello di AI che viene addestrato a riprodurre le caratteristiche e la struttura dei dati originali; e “ciò significa che i dati sintetici e i dati originali forniscono risultati molto simili quando vengono sottoposti alla stessa analisi statistica”⁶.

Tali dati rappresentano, pertanto il risultato di processi che sfruttano algoritmi di apprendimento automatico e Intelligenza Artificiale per creare insiemi di dati nuovi che “imitano” le caratteristiche e le relazioni statistiche di set di dati reali, senza però contenere alcun elemento identificativo diretto.

In altre parole, i dati sintetici, se correttamente generati, non solo riflettono fedelmente la distribuzione, le tendenze e i pattern dei dati originali, ma lo fanno in maniera tale da annullare qualsiasi rischio di ricondurre le informazioni a singoli individui (processo di anonimizzazione).

Questo processo non necessita della conservazione di dati “primari” legati a persone specifiche e permette di generare dati utili per analisi statistiche e di Machine Learning. Di conseguenza, se da un lato “si possono creare dataset per il training di algoritmi di Machine Learning, così consentendo a qualsiasi modello di apprendere su una base informativa più ampia e rappresentativa (evitando quindi anche i rischi di overfitting), dall'altra si garantisce la piena tutela della riservatezza degli inte-

6. R. Riemann, definizione proposta nel blog *TechSonar* del Comitato Europeo per la Protezione dei Dati (EDPB): https://edps.europa.eu/press-publications/publications/techsonar/synthetic-data_en.