



Corso di Laurea in Governo, Amministrazione e Politica

Cattedra di Diritto Dell'informazione E Della Comunicazione

Applicazione dell'Intelligenza

Artificiale nel settore sanitario

Prof. Pietro Santo Falletta

RELATORE

Prof. Maurizio Esposito

CORRELATORE

Greta Valletta – 652532

CANDIDATO

Anno Accademico 2023/2024

A mio nonno

Indice

Introduzione.....	1
Capitolo primo - Intelligenza artificiale: quadro generale	4
1.1 Storia dell'intelligenza artificiale	5
1.1.1 Le origini dell'intelligenza artificiale fino al 1956.....	5
1.1.2 Ottimismo e prime realizzazioni	12
1.1.3 Una battuta d'arresto.....	14
1.1.4 L'avvento dei sistemi esperti e IA moderna.....	16
1.2 Funzionamento: l'algoritmo.....	18
1.3 Machine Learning e Big Data	25
1.3.1 Machine Learning.....	25
1.3.2 Big Data	32
1.4 Panoramica delle principali aree di applicazione dell'IA.....	35
1.4.1 IA in Finanza	37
1.4.2 IA in Marketing	38
1.4.3 Applicazione nel Settore dell'Automotive.....	38
Capitolo secondo - Quadro normativo IA e legislazione in ambito sanitario	40
2.1 Regolamento UE in materia di intelligenza artificiale	41

2.1.1 Scenario di riferimento	42
2.1.2 Classificazione dei sistemi di IA: approccio risk-based.....	48
2.1.3 Architettura di governance.....	55
2.1.4 Sanzioni	56
2.1.5 Misure attuative	58
2.1.6 Tempistiche	59
2.2 Lavori del Parlamento italiano circa l'intelligenza artificiale.....	60
2.3 Impatto dell'AI Act in ambito sanitario	65
2.4 Intelligenza artificiale e Servizio Sanitario Nazionale	69
 Capitolo terzo - Implementazione dell'Intelligenza Artificiale nel settore Sanitario	72
3.1 Sanità 4.0 e Assistenza Sanitaria 4.0	73
3.2 Diagnostica.....	80
3.3 Cura del paziente	86
3.3.1 Predizione degli esiti clinici.....	87
3.3.2 Supporto Decisionale in Tempo Reale	88
3.3.3 Ottimizzazione della Somministrazione delle Cure.....	89
3.3.4 Erogazione delle Cure in Contesti Remoti	91
3.4 Gestione	92
3.5 Ricerca farmaceutica	96
3.6 I rischi dell'effettiva applicazione	100

3.6.1 Rapporto medico paziente	102
3.6.2 Sostituzione del lavoro	103
3.6.3 Responsabilità medica	106
Conclusioni.....	109
Bibliografia.....	113
Sitografia	128

Introduzione

L'intelligenza artificiale (IA) rappresenta una delle tecnologie più rivoluzionarie del XXI secolo, capace di influenzare in profondità ogni aspetto della nostra società. La sua capacità di apprendere, analizzare dati complessi e prendere decisioni autonome la rende uno strumento potente in una vasta gamma di settori, dal *marketing* alla finanza, dall'automazione industriale alla sanità. Tra questi, il settore sanitario emerge come uno dei campi in cui l'applicazione dell'IA ha il potenziale di apportare i benefici più significativi, migliorando non solo la qualità delle cure offerte ai pazienti, ma anche l'efficienza operativa dei sistemi sanitari stessi.

Il concetto di intelligenza artificiale non è nuovo; le sue radici risalgono ai primi lavori di Alan Turing e John Von Neumann negli anni '40 e '50. Tuttavia, solo negli ultimi decenni, grazie all'aumento esponenziale della potenza computazionale e alla disponibilità di grandi quantità di dati (i cosiddetti *Big Data*), l'IA ha iniziato a realizzare appieno il suo potenziale. Questo ha portato a sviluppi significativi non solo nel campo teorico, ma anche in termini di applicazioni pratiche, inclusa la capacità di processare informazioni mediche complesse, diagnosticare malattie in modo più preciso e personalizzare le cure in base alle caratteristiche specifiche di ciascun paziente.

L'obiettivo di questa tesi è esplorare l'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario, analizzando le potenzialità, i benefici e le sfide. La tesi intende fornire un quadro generale dell'IA, esaminare il contesto normativo vigente e presentare casi di studio concreti, evidenziando sia le opportunità che i rischi legati all'implementazione di questa tecnologia nella sanità.

Il primo capitolo, intitolato "Intelligenza artificiale, quadro generale" è dedicato a fornire una panoramica complessiva dell'IA, tracciandone la storia dall'origine fino ai giorni nostri. Il capitolo inizia con un'analisi delle prime teorie e delle principali scoperte che hanno posto le basi per lo sviluppo di questa tecnologia, dal 1956, anno della Conferenza di *Dartmouth*, considerato l'atto di nascita ufficiale dell'IA come campo di ricerca, fino ai progressi più recenti che hanno dato vita a sistemi esperti e algoritmi avanzati di *Machine Learning*. Si esploreranno i principi fondamentali che regolano il

funzionamento degli algoritmi di intelligenza artificiale, concentrandosi in particolare su come le macchine apprendono dai dati attraverso tecniche di *Machine Learning*. Inoltre, verrà fornita una panoramica sulle principali aree di applicazione dell'IA al di fuori del settore sanitario, come la finanza, il *marketing* e *l'Automotive*, con l'obiettivo di evidenziare la trasversalità di questa tecnologia.

Il secondo capitolo, dal titolo “Quadro normativo IA e legislazione in ambito sanitario”, si concentra sul complesso e in continua evoluzione quadro normativo che regola l'uso dell'intelligenza artificiale, con un focus particolare sulla legislazione europea e italiana. L'introduzione di regolamenti specifici, come l'AI Act proposto dall'Unione Europea, ha l'obiettivo di garantire che lo sviluppo e l'implementazione dell'IA avvengano in modo sicuro, etico e rispettoso dei diritti fondamentali. Verranno analizzati i vari livelli di rischio associati ai sistemi di IA e come questi vengono classificati e regolamentati. Inoltre, si discuteranno le implicazioni specifiche di tali regolamentazioni per il settore sanitario, dove l'IA viene sempre più utilizzata in applicazioni critiche, come la diagnostica medica e la gestione delle terapie. Questo capitolo esaminerà anche come il Servizio Sanitario Nazionale (SSN) si stia adattando all'introduzione dell'IA, e quali sono le misure adottate dal Parlamento italiano per facilitare l'integrazione di queste nuove tecnologie.

Infine, nel capitolo conclusivo, intitolato “Implementazione dell'Intelligenza Artificiale nel settore sanitario”, l'attenzione si sposterà su alcuni casi di studio concreti che illustrano come l'intelligenza artificiale stia già trasformando il settore sanitario. Verranno presentati esempi di applicazioni di IA in ambito diagnostico, dove, l'intelligenza artificiale è in grado di analizzare immagini mediche con un livello di precisione che spesso supera quello degli esseri umani, contribuendo così a diagnosi più rapide e accurate. Un altro campo di applicazione rilevante è quello della cura del paziente, dove l'IA può essere utilizzata per predire gli esiti clinici, supportare le decisioni in tempo reale e ottimizzare la somministrazione delle cure. Inoltre, si discuterà l'uso dell'Intelligenza Artificiale per l'erogazione delle cure in contesti remoti, una sfida sempre più rilevante in un mondo globalizzato e in un'epoca di pandemie. La gestione dei processi sanitari, come la pianificazione delle risorse e la logistica, rappresenta un'altra area in cui l'IA può apportare miglioramenti significativi.

Tuttavia, l'adozione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario non è priva di rischi e sfide. Tra i rischi principali, vi è il potenziale impatto sul rapporto medico-paziente. L'introduzione di strumenti di IA potrebbe portare a una minore interazione umana, alterando la natura stessa della pratica medica. Inoltre, la sostituzione del lavoro umano con sistemi automatizzati solleva preoccupazioni riguardo la disoccupazione e la necessità di riqualificare il personale sanitario. Un altro tema delicato riguarda la responsabilità medica: in caso di errori commessi da sistemi di IA, diventa fondamentale stabilire chi sia legalmente responsabile.

In conclusione, questa tesi mira a esplorare in modo esaustivo le molteplici dimensioni dell'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario. Da un lato l'IA offre opportunità senza precedenti per migliorare la qualità delle cure, rendere sistemi sanitari più efficienti e personalizzare le terapie in modo che siano più adatte alle esigenze specifiche dei pazienti. Dall'altro, l'adozione di questa tecnologia deve essere accompagnata da una riflessione critica e da una regolamentazione adeguata, per garantire che i benefici dell'IA siano realizzati in modo etico e sostenibile, minimizzando i rischi e affrontando le nuove sfide che inevitabilmente emergeranno.

Con l'adozione di queste nuove tecnologie, il settore sanitario è chiamato a un'evoluzione significativa, che non solo avrà un impatto profondo sul modo in cui le cure mediche sono fornite, ma anche su come la società percepisce la medicina e il ruolo degli operatori sanitari.

Capitolo primo - Intelligenza artificiale: quadro generale

L'Intelligenza Artificiale rappresenta uno dei campi più affascinanti e rivoluzionari della scienza moderna, capace di trasformare in modo profondo numerosi aspetti della nostra vita quotidiana e delle attività industriali. Con il presente capitolo, intitolato “Intelligenza Artificiale: quadro generale”, si intende offrire una panoramica dei concetti e delle tematiche strettamente collegati al funzionamento dell'IA.

Inizieremo con una retrospettiva sulla storia dell'intelligenza artificiale. Ripercorrere l'evoluzione dell'IA, dalle prime teorie e sperimentazioni negli anni '50 fino agli sviluppi più recenti è essenziale per comprendere appieno l'attuale stato dell'arte. Analizzeremo le tappe salienti che hanno contribuito a modellare l'IA, evidenziando le scoperte chiave e le figure di spicco che hanno segnato il suo percorso. Successivamente, esploreremo il funzionamento degli algoritmi di IA, i complessi processi matematici e logici che permettono alle macchine di apprendere, ragionare e prendere decisioni. Analizzeremo i principi fondamentali degli algoritmi di IA, illustrando le diverse tipologie utilizzate e il loro ruolo essenziale nel processo di elaborazione delle informazioni.

Uno degli sviluppi più significativi nell'ambito dell'IA è rappresentato dal *Machine Learning* (apprendimento automatico), una branca che si basa sull'analisi e l'interpretazione di grandi volumi di dati, noti come *Big Data*. Approfondiremo i concetti fondamentali del *Machine Learning*, i metodi di apprendimento supervisionato e non supervisionato, e il ruolo dei *Big Data* nel migliorare l'efficacia e l'efficienza degli algoritmi di apprendimento.

Infine, esamineremo le diverse aree in cui l'intelligenza artificiale trova applicazione. Dalle industrie tecnologiche alla medicina, dalla finanza ai servizi pubblici, verrà fornita una panoramica delle applicazioni pratiche dell'IA, evidenziando i benefici e le sfide che emergono dall'implementazione di soluzioni intelligenti nei vari settori.

In sintesi, con questo capitolo si intende fornire un quadro completo e dettagliato dell'intelligenza artificiale, mettendo in luce la sua evoluzione storica, i meccanismi di funzionamento, le tecnologie emergenti e le numerose applicazioni pratiche.

1.1 Storia dell'intelligenza artificiale

La storia dell'intelligenza artificiale è caratterizzata da una progressione di scoperte e innovazioni che hanno radicalmente trasformato la nostra interazione con le macchine. Tuttavia, tale percorso non è stato lineare; vi sono state numerose battute d'arresto, momenti di stagnazione e di massima espansione. Partendo dalle prime teorie e sperimentazioni degli anni '50 fino agli sviluppi più recenti, l'evoluzione dell'IA è stata scandita da tappe fondamentali e contributi di figure di spicco. Un'analisi approfondita di questa evoluzione storica è preliminare alla comprensione delle basi teoriche e delle potenzialità future dell'intelligenza artificiale.

1.1.1 Le origini dell'intelligenza artificiale fino al 1956

Definire l'intelligenza artificiale in modo univoco è un compito arduo, ciò in quanto il concetto stesso di intelligenza può essere interpretato in modi diversi¹. L'IA abbraccia una vasta gamma di tecniche, approcci e applicazioni che si sovrappongono e si intersecano in modi complessi. Inoltre, il campo è in continua evoluzione, con nuove scoperte e innovazioni che ampliano costantemente i confini di ciò che è considerato "Intelligenza Artificiale". La diversità di opinioni e prospettive all'interno della comunità scientifica riflette la sfida di definire l'IA in modo esaustivo e preciso. Al giorno d'oggi l'intelligenza artificiale rappresenta una delle frontiere più avanzate e affascinanti della tecnologia moderna, nonché un tema di ampio dibattito sia a livello lavorativo che quotidiano. Come precedentemente affermato, fornire una definizione puntuale di tale

¹ McCarthy, J. What is Artificial Intelligence?. Computer Science Department. Stanford University. (2007).

tecnologia non risulta efficace, nonostante ciò, è stata descritta come la capacità di una macchina di esibire abilità tipiche dell'intelligenza umana, l'IA comprende funzioni quali il ragionamento, l'apprendimento, la pianificazione e la creatività². Il Professor John Haugeland la descrive come “*The exciting new effort to make computers think... machines with minds, in the full and literal sense*”³.

Attraverso l'elaborazione di grandi quantità di dati e l'uso di algoritmi sofisticati, i sistemi di IA sono in grado di comprendere il proprio ambiente, interagire con esso, risolvere problemi complessi e adattarsi in modo autonomo. Questo campo interdisciplinare, che unisce informatica, matematica, neuroscienze e molte altre discipline, ha il potenziale di rivoluzionare numerosi settori, dalla medicina ai trasporti, dalla finanza all'educazione, cambiando profondamente il modo in cui viviamo e lavoriamo.

Nonostante i progressi, l'introduzione massiccia dell'IA ha aperto un intenso dibattito dialettico tra uomo e macchina. Questo rapporto dialettico si caratterizza per una dinamica complessa e spesso conflittuale, dove la tesi umana e l'antitesi, rappresentata dalle macchine, cercano una sintesi collaborativa. Gli esseri umani portano a questa dialettica la loro creatività, l'empatia, l'etica e la capacità di giudizio morale. Le decisioni umane sono spesso influenzate da un contesto sociale, culturale ed emotivo, elementi che le macchine, al momento, non possono replicare. L'essere umano possiede inoltre la capacità di adattarsi e di imparare da situazioni nuove in modo flessibile e non predefinito. Le macchine, d'altro canto, offrono velocità, precisione e capacità di elaborare grandi quantità di dati. Gli algoritmi di IA possono individuare *pattern* nascosti nei dati e prendere decisioni basate su analisi statistiche avanzate, superando i limiti cognitivi umani in molti ambiti. Tuttavia, la loro mancanza di consapevolezza e comprensione contestuale rappresenta un limite significativo.

La sintesi di questo rapporto dialettico risiede in una collaborazione sinergica tra uomo e macchina. L'IA deve esser vista non come una sostituta dell'intelligenza umana

² Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'intelligenza artificiale per l'Europa. (2018). Testo consultabile al seguente [link](#).

³ Haugeland, J. Artificial Intelligence; The Very Idea. MIT Press. (1985).

ma come uno strumento potente che, se utilizzato correttamente, può amplificare le capacità umane.

La sinergia tra uomo e macchina, nella loro modalità ibrida, permette di combinare le rispettive competenze, portando a risultati più soddisfacenti a lungo termine rispetto a quanto potrebbero ottenere separatamente. Un esempio tangibile di questa efficacia è emerso da una ricerca condotta dall'*Harvard Business Review* nel 2018⁴, la quale ha coinvolto 1.500 aziende. Lo studio ha dimostrato che le aziende che integrano in modo efficace le capacità umane e quelle delle macchine ottengono miglioramenti significativi nelle prestazioni. D'altra parte le aziende che si affidano principalmente all'intelligenza artificiale per sostituire il lavoro umano vedono solo guadagni di produttività a breve termine. Ad esempio, i sistemi di supporto decisionale basati sull'IA possono assistere i medici nelle diagnosi, migliorando la qualità delle cure senza eliminare il ruolo umano.

Tuttavia questa sintesi non è priva di sfide. L'automazione può portare alla disoccupazione in vari settori, mentre la gestione dei dati personali solleva preoccupazioni di *privacy* e sicurezza. Inoltre, gli algoritmi possono perpetuare o amplificare i *bias*⁵ preesistenti, portando a discriminazioni involontarie. È fondamentale sviluppare normative e linee guida etiche per garantire che l'IA venga utilizzata in modo responsabile e trasparente.

Oggi, l'intelligenza artificiale è un argomento onnipresente nelle conversazioni quotidiane e nei media, ed è spesso associata a nuove tecnologie e innovazioni dirompenti. Tuttavia, l'idea di creare macchine intelligenti non è affatto nuova. La storia dell'IA risale a decenni fa, con radici che affondano nei primi esperimenti teorici e pratici condotti già nel XX secolo. Molti dei concetti e degli approcci che vediamo oggi sono stati sviluppati nel corso degli anni, attraverso ricerche, studi e sperimentazioni condotte da pionieri del settore, come Alan Turing e Claude Shannon.

⁴ Wilson, H. J., Daugherty, P. R. Collaborative Intelligence; Humans and AI Are Joining Forces. Harvard Business Review. (2018).

⁵ Costrutti fondati su percezioni errate o deformate, su pregiudizi e ideologie; utilizzati spesso per prendere decisioni in fretta e senza fatica.

Tutto ha inizio nel secondo dopoguerra, periodo caratterizzato dall'avvento dei calcolatori e dalla crescente ricerca nell'ambito delle macchine intelligenti. Uno dei momenti fondanti di questo processo di sviluppo è stato il lavoro pionieristico di Warren McCulloch⁶ e di Walter Pitts⁷ nel 1943.

Nel loro famoso studio, McCulloch e Pitts propongono un modello di rete neurale, ovvero, un sistema di calcolo con nodi interconnessi, che funziona in modo molto simile ai neuroni del cervello umano⁸. In tale modello, composto da neuroni interconnessi tramite sinapsi, ogni neurone poteva rappresentare stati binari (“on” o “off”) e dimostrava la capacità di implementare i principali blocchi della logica booleana⁹.

McCulloch e Pitts teorizzano anche che queste reti neurali siano in grado di apprendere, aprendo la strada alla possibilità di costruire macchine capaci di adattarsi e migliorare le loro prestazioni nel tempo. Quello proposto da McCulloch e Pitts è un sistema artificiale evoluzionista; un modello che negli anni Cinquanta venne sostenuto da pochi ricercatori convinti che l'approccio più promettente per raggiungere un'intelligenza artificiale fosse emulare i meccanismi dell'apprendimento umano. Ciò avrebbe permesso al “cervello elettronico” di apprendere in modo autonomo, riconoscendo i *pattern* nei dati forniti. Questo approccio flessibile avrebbe consentito di adeguare le competenze del sistema in base alle informazioni ricevute, offrendo un nuovo paradigma di intelligenza artificiale basato sull'apprendimento autonomo e sulla capacità di adattamento dinamico.

L'idea di apprendimento neurale trova ulteriore supporto nel 1949, quando lo psicologo canadese Donald Hebb, si rende conto che i neuroni che si attivano contemporaneamente stabiliscono connessioni tra loro¹⁰. Quindi, se due o più gruppi di cellule nervose si attivano simultaneamente, allora, nel tempo, l'attività di una influenzerà

⁶ Neurofisiologo statunitense, noto per la sua attività sulle teorie sulla struttura del cervello ed i suoi contributi alla cibernetica.

⁷ Matematico statunitense cui si devono importanti contributi nel campo delle neuroscienze computazionali.

⁸ McCulloch, W. S., Pitts, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics. N. 5. P.p. 115-133. (1943).

⁹ L'algebra booleana è un sistema di logica matematica a due stati, dove le variabili (dette variabili booleane) possono assumere solo due stati: vero (1) o falso (0).

¹⁰ Hebb, D. O. The organization of behavior: a neuropsychological theory. Wiley. (1949).

l'attività delle altre, promuovendo la formazione di nuove connessioni durature tra neuroni o gruppi di neuroni. Il processo in questione, noto come plasticità cerebrale, rappresenta il fondamento dell'apprendimento, poiché comporta cambiamenti gradualmente nell'organizzazione delle connessioni neurali.

Il concetto connessionista dell'apprendimento ha avuto un impatto significativo sugli studi delle reti neurali artificiali durante gli anni '50 e '60. Queste reti neurali artificiali sono alla base del *Machine Learning*, il quale si basa sull'idea di fornire ai computer la capacità di apprendere dai dati e migliorare le loro prestazioni nel tempo, senza essere esplicitamente programmati per determinati compiti.

Un'altra tappa significativa nella storia dell'IA¹¹ è l'invenzione del primo computer a rete neurale, noto come SNARC (*Stochastic Neural Analog Reinforcement Computer*)¹², sviluppato da Marvin Minsky nel 1951. Il SNARC simulava il comportamento elettrico più basilare di un cervello, attraverso una rete di 40 neuroni, infatti, parallelamente al cervello umano, le connessioni tra i neuroni possono intensificarsi o indebolirsi a seconda delle esperienze vissute, consentendo alla rete di apprendere¹³. Ogni neurone riceve segnali dagli altri e li trasmette a sua volta; l'addestramento della rete, nella macchina di Minsky, viene eseguito manualmente, ruotando una manopola che amplifica o diminuisce la reattività di ogni singolo neurone. In tal modo, è stato in grado di dimostrare la fattibilità pratica delle reti neurali artificiali¹⁴, aprendo così la strada a ulteriori sviluppi nell'IA.

Nonostante gli studi introduttivi sopracitati, è solo nel 1956 che intelligenza artificiale viene ufficialmente riconosciuta come vera e propria disciplina scientifica¹⁵.

¹¹ Hillis, D., McCarthy, J., Mitchell, T. M., Muller, E. T., Riecken, D., Sloman, A., Winston, P. H. In Honor of Marvin Minsky's Contributions on his 80th Birthday. *AI Magazine*. Volume 28. N. 4. (2007).

¹² Minsky, M. *The Society of Mind*. Simon & Schuster Editore. (1985).

¹³ De Rouck, F. Moral rights & AI environments : the unique bond between intelligent agents and their creations. *Journal of intellectual Property Law & Practice*. Volume 14. N. 4. (2019).

¹⁴ Kelemen, J. Artificial Neural Networks to Emotion Machines with Marvin Minsky. *Acta Polytechnica Hungarica*. Volume 4. N. 4. (2007).

¹⁵ Negrotti, M. *Un mondo di ipotesi: vizi e virtù della ragione del terzo millennio*. Armando Editore. P. 111. (2010).

Ciò accadde nel corso della Conferenza del Dartmouth College di Hanover nel New Hampshire, organizzata dal ricercatore John McCarthy. Tale Congresso è stato un evento fondamentale nella storia dell'intelligenza artificiale, durante il quale i partecipanti hanno delineato le basi concettuali e metodologiche della disciplina. Questa Conferenza ha segnato l'inizio di una nuova era nella ricerca sull'intelligenza artificiale, mettendo in luce i principi fondamentali su cui si basa la costruzione di sistemi intelligenti.

Uno degli argomenti chiave affrontati durante la Conferenza è stata la definizione di intelligenza artificiale e i diversi approcci metodologici per realizzare sistemi intelligenti. I partecipanti hanno discusso le tecniche di programmazione simbolica, basate sulla manipolazione di simboli e regole formali, e i modelli di intelligenza basati sull'imitazione del funzionamento del cervello umano, come le reti neurali artificiali.

Inoltre, durante la Conferenza, sono stati presentati studi pionieristici sull'uso della logica matematica e della teoria dei giochi nell'intelligenza artificiale. Gli studiosi hanno discusso dell'applicazione di algoritmi di ricerca e ottimizzazione per la risoluzione di problemi complessi e della creazione di programmi in grado di apprendere dai dati e migliorare le proprie prestazioni nel tempo.

Uno dei risultati più significativi emersi dalla Conferenza del Dartmouth College è stata la proposta di creare un programma di ricerca interdisciplinare per lo sviluppo dell'intelligenza artificiale. Questo approccio ha favorito la collaborazione tra scienziati, informatici, matematici, psicologi e filosofi, i quali hanno contribuito alla definizione di nuovi modelli teorici e algoritmi per la realizzazione di sistemi intelligenti.

Durante la Conferenza di Dartmouth i ricercatori hanno discusso ampiamente di come creare una “macchina intelligente” in grado di pensare e apprendere come un essere umano¹⁶. La macchina di Turing, ideata dal matematico britannico Alan Turing negli anni '30, è stata una delle prime forme teoriche di calcolatore e ha influenzato notevolmente le discussioni e le ricerche presentate alla conferenza. L'obiettivo dello studioso era quello di programmare una macchina che riuscisse a rispondere “*alle domande in modo*

¹⁶ McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C. E. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. AI Magazine. Volume 27. (1955).

tale che sarà estremamente difficile indovinare se le risposte sono state date da un uomo o da una macchina”¹⁷.

La macchina di Turing è un modello teorico di computazione che lo scienziato sviluppò per esplorare i limiti della computabilità e della teoria dell’informazione¹⁸. Il presente modello immaginava una macchina astratta in grado di manipolare simboli su un nastro infinito secondo una serie di regole predeterminate. Nonostante la sua natura teorica, la macchina di Turing ha fornito una base concettuale di primaria importanza per lo sviluppo delle prime idee sull’intelligenza artificiale¹⁹.

La Conferenza di Dartmouth ha utilizzato il concetto di macchina di Turing come punto di partenza per esplorare le possibilità di creare sistemi che potessero simulare il pensiero umano.

In questo modo, la Conferenza di Dartmouth ha segnato l’inizio di un nuovo campo di ricerca che avrebbe trasformato profondamente la tecnologia e la società nei decenni successivi.

In sintesi, inizialmente, l’approccio dominante per costruire modelli di IA era basato sul paradigma cognitivista, il quale spiegava il funzionamento della mente utilizzando diagrammi di flusso e regole sintattiche²⁰. La mente veniva vista come un’entità separata dal substrato fisico che la supporta, ipotizzando che i processi cognitivi potessero essere replicati in calcolatori universali in grado di manipolare rappresentazioni simboliche²¹. Tuttavia, questo approccio si è rivelato più complesso del previsto²² a causa

¹⁷ Turing, A. M. Can digital computers think? Copeland, B. J. Editor. (1951).

¹⁸ D’Acquisto, G. Intelligenza artificiale. Capitolo I. (2021). Consultabile al seguente [link](#).

¹⁹ Ibidem.

²⁰ Pinker, S. How the mind works. Annals of the New York Academy of Sciences. Volume 882. P.p. 119-127. (1999).

²¹ McCarthy, J., Hayes, P. J. Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. Meltzer., B, Michie, D. Editions. Machine Intelligence. Edinburgh University Press. Volume 4. (1969).

²² Vogt, P. The physical symbol grounding problem. Action Editor: Tom Ziemke, Cognitive Systems Research. Volume 3. P.p. 429-457. (2002).

del problema del “*symbol grounding*”²³. Non è chiaro come una macchina programmata per eseguire operazioni sintattiche possa attribuire un significato a tali rappresentazioni.²⁴

1.1.2 Ottimismo e prime realizzazioni

Nei primi anni dell’IA, vi furono una serie di successi sorprendenti che dimostrarono le potenzialità dei calcolatori, oltre che la semplice manipolazione di espressioni matematiche. Programmi come il *Logic Theorist*, sviluppato da Allen Newell²⁵ ed Herbert Simon²⁶, dimostravano che i calcolatori potessero ragionare in modo simile agli esseri umani. È proprio da tale programma che aumenta l’euforia verso questa nuova disciplina, Herbert Simon con entusiasmo affermava di aver inventato una “*thinking machine*”²⁷. La sua attività consisteva nel creare dimostrazioni per teoremi di logica proposizionale. In effetti, riusciva a dimostrare 38 dei 52 teoremi presenti nel Capitolo 2 dei *Principia Mathematica*²⁸ di Whitehead e Russel. Il *Logic Theorist* fu uno dei primi, se non il primo, programmi operativi in grado di simulare alcuni aspetti della capacità umana di risolvere problemi complessi.

Nel 1957, Allen Newell ed Herbert Simon si cimentarono in un progetto ancora più arduo, sviluppando un programma rivoluzionario, chiamato *The General Problem Solver* (GPS). L’obiettivo di tale programma era simulare i processi mentali umani durante la risoluzione dei problemi²⁹. Il GPS rappresentava un tentativo pionieristico nel

²³ Definizione Treccani: Il Symbol Grounding Problem (SGP) si occupa della suddetta connessione, quella tra le parole (simboli) e gli oggetti del mondo che conferiscono loro significato, dunque tra parole e rispettivi riferimenti.

²⁴ Searke, J. R. Minds, brains and programs. Behavioral and Brain Sciences. Volume 3. P.p. 417-424. (1980).

²⁵ Ricercatore americano di informatica e psicologia cognitiva.

²⁶ Scienziato politico americano il cui lavoro ha influenzato anche i campi dell’informatica, dell’economia e della psicologia cognitiva.

²⁷ Simon, H. Models of My Life. Cambridge. MIT Press. P. 206. (1996).

²⁸ Russel, B., Whitehead, A. N. Principia Mathematica. Cambridge University Press. (1910).

²⁹ Russel, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition. Stuart Russel and Peter Norvig Editors. P. 18. (1995).

campo dell'intelligenza artificiale, cercando di riprodurre il modo in cui le persone analizzano e risolvono i problemi attraverso una serie di passi logici e sistematici. Utilizzava una combinazione di regole euristiche e logiche per analizzare i problemi, suddividerli in sottoproblemi, più gestibili, e cercare soluzioni possibili. Il GPS lavorava su una base di stati e operatori: partendo da uno stato iniziale, applicava operatori per trasformarlo in nuovi stati, avvicinandosi progressivamente allo stato obiettivo.³⁰

Quindi, uno degli aspetti innovativi del GPS era il suo utilizzo delle euristiche, strategie che guidavano la ricerca delle soluzioni in modo più efficiente rispetto a una ricerca esaustiva³¹. Questo approccio imitava il modo in cui gli esseri umani affrontano i problemi complessi, utilizzando esperienza e intuizione per concentrarsi sulle soluzioni più promettenti.

Successivamente, negli anni '60, l'intelligenza artificiale ha visto l'emergere di un nuovo approccio alla costruzione di sistemi intelligenti: i micro-mondi³². Questo concetto è stato proposto da Marvin Minsky, il quale ha teorizzato che una rappresentazione semplificata del mondo fisico in forme geometriche potrebbe essere gestita più facilmente da un computer. L'idea era che, riducendo la complessità del mondo reale a un insieme di forme geometriche basilari, i computer potessero manipolare queste rappresentazioni per aggiornare la loro conoscenza e svolgere compiti specifici in modo più efficiente. Questa teoria ha portato allo sviluppo di ambienti di simulazione limitati, o micro-mondi, dove i problemi potevano essere risolti in un contesto controllato e semplificato³³.

Inoltre, nel 1962, Frank Rosenblatt sviluppò ulteriormente il concetto di rete neurale, precedentemente introdotto da Warren McCulloch e Walter Pitts negli anni '40. Rosenblatt introdusse il "perceptrone", una rete neurale artificiale progettata per il

³⁰ Newell, A., Simon, H. A., Shaw, J. C. Elements of a theory of human problem solving. Carnegie Institute of Technology. P.p. 151-166. (1958).

³¹ Newell, A. A guide to the general problem-solver program GPS 2-2. Prepared for United States air force project rand. The Rand Corporation. P. 9. (1963).

³² Copeland, B. J. Intelligenza artificiale. Enciclopedia Britannica. Articolo consultabile al seguente [link](#).

³³ Russel, S. Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition. Stuart Russel and Peter Norvig Editors. P.p. 19 ss. (1995).

riconoscimento di *pattern* (*pattern recognition*)³⁴. Il percettrone era costituito da uno strato di *input*, uno o più strati nascosti, e uno strato di *output*. Ogni nodo, o neurone, era collegato ai neuroni degli altri strati tramite pesi sinaptici, i quali venivano modificati durante il processo di apprendimento.

L'innovazione principale del percettrone di Rosenblatt era l'algoritmo per l'aggiornamento dei pesi sinaptici, il quale permetteva alla rete di apprendere dai dati di *input* e migliorare le sue prestazioni nel riconoscimento dei *pattern*. Rosenblatt sosteneva che le reti neurali, come il percettrone, fossero lo strumento migliore per compiti di *pattern recognition*, grazie alla loro capacità di generalizzare dai dati di addestramento e identificare strutture complesse nei dati.

1.1.3 Una battuta d'arresto

Negli anni '60, la traduzione automatica e la comprensione del linguaggio naturale erano viste come aree in cui l'intelligenza artificiale potesse offrire contributi significativi. Tuttavia, questi settori furono tra i primi a mostrare i limiti della tecnologia di allora. Si credeva che fosse possibile effettuare traduzioni automatiche attraverso semplici manipolazioni sintattiche, ma questa idea si rivelò profondamente errata.

Gli approcci iniziali spesso portavano a risultati inadeguati e talvolta grotteschi. Un esempio famoso è la traduzione della frase inglese "*The spirit is willing, but the flesh is weak*" in russo, la quale, dopo essere stata tradotta una seconda volta dal russo all'inglese risultò "*The vodka is good but the meat is rotten*". Si trattava di errori comuni, i quali mettevano in luce le limitazioni delle tecniche utilizzate.

³⁴ Rosenblatt, F. The Perceptron, a probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological Review. Volume 65. N. 6. P.p. 386-408. (1958).

Il riconoscimento ufficiale dell'inefficacia di questi metodi arrivò con un rapporto del governo americano nel 1966³⁵. Tale rapporto, noto come rapporto ALPAC, redatto dall'omonimo comitato *Automatic Language Processing Advisory Committee*, criticava aspramente i metodi di traduzione automatica impiegati e portò alla riduzione significativa dei finanziamenti per molti progetti di ricerca sull'IA³⁶. Il DARPA (*Defence Advanced Research Projects Agency*), che aveva investito molto nella speranza di tradurre articoli scientifici dal russo all'inglese, abbandonò questi sforzi a causa della mancanza di risultati concreti.

Un problema simile si verificò nel 1973 in Inghilterra con il rapporto Lighthill³⁷, il quale criticava la capacità dell'IA di risolvere i problemi che si era proposta di affrontare. I ricercatori dell'epoca, spesso impegnati nello sviluppo di algoritmi genetici, non tenevano conto dell'esplosione esponenziale del tempo di calcolo richiesto dalle loro soluzioni, le quali si basavano su tecniche *brute-force*. Di conseguenza, sebbene alcune soluzioni potessero teoricamente funzionare, risultavano impraticabili nella realtà a causa delle enormi risorse computazionali necessarie.

Durante questi anni emersero anche critiche significative nei confronti dell'IA. Hubert L. Dreyfus, nel suo articolo del 1965 "*Alchemy and AI*" e nel libro "*What Computers Can't Do*"³⁸ del 1972, criticava i ricercatori, sostenendo che l'IA non fosse realizzabile dal punto di vista filosofico³⁹. Dreyfus sosteneva che molti dei problemi che l'IA cercava di risolvere fossero troppo complessi per essere affrontati con i metodi disponibili all'epoca e che le aspettative sulle capacità dell'IA fossero esagerate⁴⁰.

³⁵ --- Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics, a report by the Automatic Language Processing Advisory Committee. Division of Behavioral Sciences. National Academy of Sciences. National Research Council. Washington DC. (1996).

³⁶ Crevier, D. AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence. New York. P. 110. (1993).

³⁷ Lighthill, J. Artificial Intelligence: A General Survey. Artificial Intelligence; a paper symposium. Science Research Council. (1973).

³⁸ Dreyfus, H. L. What Computers Can't Do: A Critique of Artificial Reason. Harper & Row. New York (1972).

³⁹ Dreyfus, H. L. Alchemy and Artificial Intelligence. (1965). Articolo consultabile al seguente [link](#).

⁴⁰ McCorduck, P. Machines Who Think. A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence. (1979). Seconda edizione a cura di Peters, A. K. Massachusetts. P.p. 211-239. (2004).

1.1.4 L'avvento dei sistemi esperti e IA moderna

All'inizio degli anni '80, dopo un lungo periodo di aspettative deluse e piani irrealizzabili, l'arrivo dei primi sistemi esperti⁴¹ segnò l'inizio di una nuova era promettente. Lo scopo dei sistemi esperti era quello di risolvere problemi complessi, non strutturati e appartenenti a settori professionali altamente specializzati che, proprio per queste caratteristiche, non potevano essere affrontati con modelli "formali"⁴².

La mancanza di efficacia delle metodologie generali dell'intelligenza artificiale nel risolvere certi problemi ha portato alla necessità di sviluppare tecniche specializzate. Queste tecniche sono in grado di trovare soluzioni basate su conoscenze ed esperienze specifiche, utilizzando scorciatoie e regole empiriche per arrivare a conclusioni più rapidamente. Negli ultimi anni, l'approccio all'IA è cambiato: si è passati da una ricerca basata sull'intuizione e su esempi creati ad arte, a un focus sulla costruzione di modelli fondati su solidi risultati matematici e su un'ampia sperimentazione.

A metà degli anni '80 del secolo scorso è stato reinventato l'algoritmo di apprendimento per reti neurali, noto come *back-propagation*, inizialmente concepito nel 1969 da Bryson e Ho. Tale algoritmo è fondamentale per l'apprendimento supervisionato, permettendo alla rete di aggiornare i propri pesi per ridurre l'errore tra le previsioni della rete e i valori reali.

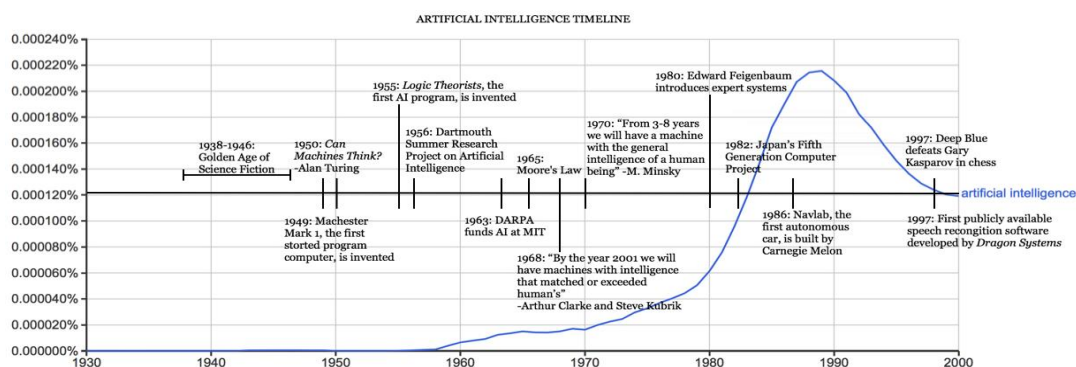
Questo algoritmo è stato applicato a numerosi problemi di apprendimento, sia nel campo dell'informatica, sia in quello della psicologia. I cosiddetti modelli "connessionisti" per la creazione di sistemi intelligenti sono stati considerati delle alternative ai modelli simbolici sviluppati da Newell e Simon, da McCarthy e dai loro collaboratori. Tali modelli hanno tentato di rispondere a domande a cui i precedenti non erano riusciti.

⁴¹ Bazzocchi, L. Intelligenza artificiale e sistemi esperti. Rivista trimestrale di analisi e critica. Nuova Civiltà delle Macchine. P.p. 4-12. (1988).

⁴² Fameli, E. Modelli di "sistemi esperti integrati" nel diritto: problemi di configurazione e metodologia di sviluppo. Informatica e diritto. XXI annata. Volume 4. N. 1. P.p. 191-239. (1995).

Oggi, i sistemi intelligenti sono diffusi in ogni settore, inclusi gli usi quotidiani, e hanno un impatto determinante nell'ambito dei giochi, come previsto anni fa dagli esperti d'intelligenza artificiale. In tal senso, uno dei programmi più noti è il *Deep Blue*⁴³, ovvero un supercomputer sviluppato da IBM che ha segnato una svolta epocale nel campo degli scacchi e dell'intelligenza artificiale. Nel 1997, *Deep Blue* ha sconfitto Garry Kasparov, allora campione mondiale di scacchi, diventando il primo computer a battere un campione in una partita a lungo termine⁴⁴.

La vittoria di *Deep Blue* ha avuto un impatto profondo, non solo sul gioco degli scacchi, ma anche sull'intero campo dell'intelligenza artificiale⁴⁵. Ha dimostrato che le macchine possono competere con l'ingegno umano in giochi complessi, stimolando ulteriori ricerche e innovazioni nel campo del *Machine Learning* e dell'IA. Il successo di *Deep Blue* ha aperto la strada a nuovi algoritmi e tecnologie, influenzando lo sviluppo di *software* di scacchi ancora più potenti, come *Stockfish* e *AlphaZero*⁴⁶.



47

⁴³ Newborn, M. *Deep Blue: An Artificial Intelligence Milestone*. Springer. (2003).

⁴⁴ Hsu, F. H. *Behind Deep Blue*. Princeton University Press. (2004).

⁴⁵ Campbell, M., Hoane, A. J., Hsu, F. *Artificial Intelligence*. Volume 134. Pp. 57-83. (2002).

⁴⁶ Siler, D. et al. *Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm*. (2017).

⁴⁷ Immagine estrapolata dal seguente [link](#).

1.2 Funzionamento: l'algoritmo

Nel mondo dell'informatica e della matematica, gli algoritmi sono strumenti essenziali per la risoluzione di problemi e l'automazione di processi. Il termine algoritmo deriva dal nome del matematico persiano del IX secolo, Al-Khwarizmi, che sviluppò procedure sistematiche per risolvere problemi aritmetici. Da allora, il concetto di algoritmo si è evoluto e ampliato, diventando fondamentale in molte discipline scientifiche e tecnologiche

Oggi, l'enciclopedia Treccani definisce l'algoritmo come “*una sequenza finita di istruzioni o operazioni ben definite e non ambigue che, partendo da un determinato stato iniziale e attraverso una serie di passaggi ben definiti, conducono alla soluzione di un problema specifico*”⁴⁸.

Questo si configura principalmente come un *software* composto dai cosiddetti codici sorgente o linguaggi sorgente, ovvero, i dati. Questi codici sorgente rappresentano le istruzioni fornite dagli operatori umani per eseguire specifiche funzioni o risolvere determinati problemi. Si possono concepire come contenitori nei quali vengono inseriti i dati necessari (*input*) per ottenere i risultati desiderati (*output*)⁴⁹.

Quindi, gli algoritmi si distinguono principalmente in due grandi categorie;

- **Algoritmi deterministici:** L'algoritmo utilizza una connessione tecnologica e non meramente matematica per collegare le varie categorie, l'*output* finale è sempre corrispondente all'*input*, ma con una capacità dell'algoritmo di effettuare un collegamento tra dati diversi⁵⁰. Questi si dividono in:

⁴⁸ Definizione di algoritmo fornita dall'Enciclopedia Treccani. Definizione consultabile al seguente [link](#).

⁴⁹ Cormen, T. H. et al. Introduzione agli algoritmi e strutture dati. Terza Edizione. McGraw-Hill. Milano. (2010).

⁵⁰ Cantù, P. Algoritmi e argomenti. La sfida dell'intelligenza artificiale. Il Mulino-Riviste web. Sistemi intelligenti. Volume 3. P.p. 396-405. (2012).

- **Semplici:** si tratta di procedimenti di calcolo basati su formule matematiche che, a seconda dell'*input*, producono un *output* prevedibile. Questi algoritmi sono come dei calcolatori.
- **Tecnologici:** anche se deterministici, utilizzano elaborazioni statistiche più complesse, gestendo dati di vario tipo. L'*output* è sempre correlato all'*input*, ma l'algoritmo è in grado di collegare categorie diverse attraverso connessioni tecnologiche oltre che matematiche.
- **Algoritmi non deterministici:** Oltre agli algoritmi semplici, che operano su categorie di dati specifiche, seguendo modelli predefiniti dall'ideatore (definiti come “scatola bianca”, se hanno esiti prevedibili o “scatola grigia”, se hanno esiti facilmente interpretabili⁵¹), esistono algoritmi più complessi che evolvono attraverso il *Machine Learning*. Questi ultimi adottano logiche che possono risultare oscure, sono algoritmi “autocorrettivi”, capaci di superare il test di Turing, imitando il funzionamento della mente umana. Questi rappresentano la vera intelligenza artificiale, poiché sono in grado di generare *output* non prevedibili basati sugli *input* forniti. Operano attraverso il *Machine Learning*, creando inferenze non causali e apprendendo autonomamente, l'algoritmo, in sostanza, si allena da solo. Inferenza non causale significa che colui che ha programmato l'algoritmo, lo ha programmato in maniera tale che l'algoritmo apprenda da sé stesso e crei delle nuove inferenze, non causali rispetto ai dati di *input*.

Il problema più critico sorge quando il processo di apprendimento delle macchine rende difficile o impossibile comprendere cosa stiano apprendendo e quali decisioni stiano prendendo (il Dilemma della Scatola

⁵¹ Mattasoglio, F. Algoritmi e regolazione. Circa i limiti del principio di neutralità tecnologica. Rivista della Regolazione dei Mercati. Volume 2. P. 230. (2018).

Nera)⁵². Le scatole nere possono essere distinte in due categorie⁵³: quelle forti, dove il comportamento dell'IA è completamente opaco e non interpretabile dall'uomo, e quelle deboli, che consentono una limitata capacità di speculazione sulla logica decisionale adottata.

L'algoritmo non si nutre solo dei dati che vengono immessi ma si nutre dei dati che vengono continuamente rielaborati giorno dopo giorno.

L'intervento umano è indispensabile nella fase preparatoria, ma una volta in funzione, l'algoritmo opera autonomamente. Tuttavia, c'è il rischio che, senza controllo umano, possano produrre risultati non realistici.

Ad esempio, ChatGPT insiste su un algoritmo non deterministico, infatti, chiedendole: “Il tuo è un algoritmo non deterministico?” la sua risposta è: *“Sì, il mio algoritmo è non deterministico. Ciò significa che se gli fornissi lo stesso input in due momenti diversi, potrebbe generare output leggermente diversi. Questo è dovuto a come la rete neurale gestisce le probabilità durante la generazione di testo.*

Il non determinismo deriva dal fatto che il modello utilizza campionamenti stocastici durante la fase di generazione. In altre parole, invece di scegliere sempre la parola con la probabilità più alta, a volte sceglie casualmente tra le parole meno probabili. Questo contribuisce a rendere il testo più vario e meno prevedibile.

Anche piccoli cambiamenti nel contesto o nell'input possono portare a risultati leggermente diversi. Questa variabilità può essere utile in diversi contesti, ad esempio nella generazione di testi creativi o nel fornire risposte più diverse a domande simili.

⁵² Sartor, G. L'intelligenza artificiale e il diritto. Giappichelli Editore. P. 59. (2022).

⁵³ Nalbandian, L. Using Machine-Learning to Triage Canada's Temporary resident Visa Applications. Ryerson Centre for Immigration and Settlement (RCIS) and the CERC in Migration and Integration. Working Paper. N. 9. P. 4. (2021).

Quindi, sì, il mio algoritmo è non deterministico, ma è sempre guidato dal contesto e dalle probabilità apprese durante l'addestramento."⁵⁴

Dal punto di vista giuridico, l'uso degli algoritmi solleva diverse problematiche, specialmente quando si tratta di algoritmi non deterministici. Negli ultimi anni, l'adozione degli algoritmi è diventata sempre più diffusa portando a varie controversie legali riguardanti il loro funzionamento incerto. Un caso emblematico è stato quello della riforma della Buona Scuola⁵⁵, ovvero, per l'assegnazione delle cattedre ai professori è stata impiegata questa tipologia di algoritmi, tramite un meccanismo di intelligenza artificiale⁵⁶. L'algoritmo introduceva degli elementi di valutazione volti a determinare quale fosse la sede ottimale per ciascun docente all'interno del sistema scolastico. Tale sistema ha fatto sì che da un giorno all'altro venissero trasferiti degli insegnanti provenienti dal Sud Italia a lavorare nel Nord Italia e viceversa, pertanto, i professori toccati da tale riforma hanno fatto ricorso e lo hanno vinto.

Il Consiglio di Stato si è espresso a riguardo nella Sentenza n. 2270 del 2019⁵⁷, in particolare, dopo aver riconosciuto l'utilità degli algoritmi, poiché possono, in alcuni casi, sostituire l'intervento umano, ha sottolineato che l'ultima parola deve sempre spettare all'uomo, il quale deve supervisionare il funzionamento dell'algoritmo, *“la regola tecnica che governa ciascun algoritmo resta pur sempre una regola amministrativa generale, costruita dall'uomo e non dalla macchina, per essere poi (solo) applicata da quest'ultima, anche se ciò avviene in via esclusiva*⁵⁸”.

L'algoritmo deve essere trasparente, comprensibile per tutti e alimentato correttamente per evitare effetti discriminatori⁵⁹, i quali possono insorgere se l'algoritmo

⁵⁴ Risposta generata da ChatGPT.

⁵⁵ Ballarino, G. La legge sulla Buona scuola, un commento. Il Mulino Riviste-web. Volume gennaio-aprile. (2016).

⁵⁶ Capuzza, V. et al. La buona scuola: introduzione alla riforma dell'istruzione italiana. Giappichelli Editore. (2016).

⁵⁷ Sentenza del Consiglio di Stato n. 2270 del 2019. Consultabile al seguente [link](#).

⁵⁸ Ivi. P. 5.

⁵⁹ Napoli, C. Algoritmi, intelligenza artificiale e formazione della volontà pubblica: la decisione amministrativa e quella giudiziaria. Rivista italiana dei Costituzionalisti. N. 3. P. 338. (2020).

non è alimentato con dati accurati e aggiornati e se non è sottoposto a un controllo precauzionale.

È quindi accettabile prendere decisioni tramite algoritmi? I sostenitori affermano che, nonostante i rischi, gli algoritmi possano prendere decisioni in modo più efficiente e rapido rispetto agli esseri umani⁶⁰. I critici, invece, temono che l'algoritmo possa produrre risultati imprevedibili e dannosi. I sostenitori della posizione intermedia tra queste due visioni propongono l'adozione del principio di precauzione, quindi, promuovono l'utilizzo degli algoritmi ma con misure di controllo rigorose per prevenire risultati negativi⁶¹.

Tuttavia, se i dati immessi nell'algoritmo non sono completi, aggiornati, precisi e monitorati, è probabile che i risultati siano discriminatori⁶² o comunque non conformi agli obiettivi di una buona gestione⁶³.

Occorre trovare un equilibrio, ossia una modalità di funzionamento degli algoritmi che riduca enormemente i rischi di discriminazioni e disuguaglianze e realizzi gli effetti sperati in termini di efficacia, efficienza, economicità e trasparenza.

Una delle principali sfide emergenti dalle interazioni tra esseri umani e tecnologia nel contesto digitale riguarda la protezione della *privacy* e la gestione appropriata dei dati personali⁶⁴. Al centro della questione vi è il fatto che gli algoritmi dipendono fortemente dai dati. In tale contesto, il Regolamento UE 2016/679 (General Data Protection Regulation, anche chiamato GDPR⁶⁵) afferma il diritto dell'individuo «*di non essere soggetto a una decisione basata unicamente su un trattamento automatizzato [...] che*

⁶⁰ Avanzini, G. Decisioni amministrative e algoritmi informatici. Predeterminazione analisi predittiva e nuove forme di intelligibilità. IRPA. P.p. 14 ss. (2019).

⁶¹ Cibella, E. Il Principio di precauzione nell'ambiente digitale. PA PERSONA E AMMINISTRAZIONE, ricerche Giuridiche sull'Amministrazione e l'Economia. P.p. 511-536. (2023).

⁶² O'Neil, C. Armi di distruzione matematica. Come i Big Data aumentano la disuguaglianza e minacciano la democrazia. Bompiani Editore. (2017).

⁶³ Zuddas, P. Pregiudizi digitali e principio di precauzione. ConsultaOnline. P.p. 408-425. (2020).

⁶⁴ Costa, L. Privacy and the precautionary principle. Computer Law & Security Review. Volume 28. P.p. 14-24. (2012).

⁶⁵ Consultabile al seguente [link](#).

produca effetti giuridici su di lui o che influisca significativamente in modo simile sulla sua persona». L'integrazione delle disposizioni di questo Regolamento con quelle della Direttiva UE 680/2016⁶⁶ creano un quadro normativo sulle decisioni algoritmiche, che può essere sintetizzato in tre principi chiave: non esclusività, trasparenza e non discriminazione.

- **Non esclusività dell'algoritmo:** l'obiettivo principale è proteggere gli individui dagli effetti potenzialmente dannosi delle decisioni automatizzate, garantendo che tali processi siano trasparenti, giusti e soggetti a revisione umana. Tale principio è sancito nell'articolo 22 del General Data Protection Regulation, il quale dispone che: *“L’interessato ha il diritto di non essere sottoposto a una decisione basata unicamente sul trattamento automatizzato, compresa la profilazione, che produca effetti giuridici che lo riguardano o che incida in modo analogo significativamente sulla sua persona.”*⁶⁷.

Tuttavia, vi sono 3 eccezioni a questo principio:

- se la decisione automatizzata è necessaria per l'esecuzione di un contratto tra l'individuo e un titolare di un trattamento;
- se la decisione automatizzata è autorizzata dalla legge dell'Unione o dello Stato membro a cui è soggetto il titolare del trattamento, purché la legge stessa preveda misure adeguate a tutela dei diritti, delle libertà e dei legittimi interessi dell'interessato;
- se l'individuo ha dato il consenso esplicito per essere soggetto a una decisione automatizzata.

In ogni caso, quando vi è un'eccezione al divieto di utilizzo di una procedura automatizzata, l'interessato deve essere tutelato. Una delle forme di tutela consiste nella possibilità di richiedere un intervento umano di controllo. In altre parole, nei casi in cui la procedura automatizzata è

⁶⁶ Consultabile al seguente [link](#).

⁶⁷ Consultabile al seguente [link](#).

consentita, l'interessato ha comunque il diritto di ottenere un controllo umano sulla procedura.

- **Principio di trasparenza o di conoscibilità:** Tale principio sottolinea l'importanza della trasparenza e della comprensione dei processi decisionali automatizzati⁶⁸. Innanzitutto, i diretti interessati devono essere informati del fatto che sono soggetti a decisioni basate su trattamenti automatizzati. Questa informazione deve essere chiara, accessibile e comprensibile per consentire agli individui di essere consapevoli delle modalità con cui i loro dati vengono utilizzati⁶⁹. Inoltre, hanno il diritto di sapere quali dati sono stati raccolti e come vengono trattati. Devono essere messi a conoscenza dei criteri e degli algoritmi utilizzati per prendere decisioni automatizzate che li riguardano. I titolari del trattamento devono essere in grado di spiegare, in termini semplici e chiari, come funzionano i loro algoritmi e in che modo le decisioni vengono prese.
- **Principio di non discriminazione:** Vi è un ultimo principio che deve essere preso in considerazione, ovvero, il principio di non discriminazione algoritmica, il quale si ricava leggendo il considerando n. 71 del GDPR. In particolare, viene previsto che: *“il titolare del trattamento utilizzi procedure matematiche o statistiche appropriate per la profilazione, mettendo in atto misure tecniche e organizzative adeguate al fine di garantire, in particolare, che siano rettificati i fattori che comportano inesattezze dei dati e sia minimizzato il rischio di errori e al fine di garantire la sicurezza dei dati personali, secondo una modalità che tenga conto dei potenziali rischi esistenti per gli interessi e i diritti dell'interessato e che impedisca tra l'altro effetti discriminatori nei confronti di persone fisiche sulla base della razza o dell'origine etnica, delle opinioni politiche, della religione o delle convinzioni personali, dell'appartenenza sindacale, dello status genetico,*

⁶⁸ Zuddas, P. Brevi note sulla trasparenza algoritmica. Amministrazione in Cammino. Rivista elettronica di diritto dell'economia e di scienza dell'amministrazione a cura del Centro di ricerca sulle amministrazioni Pubbliche. “Vittorio Bachelet”. P.p. 4-5. (2020).

⁶⁹ Artt. 13 e 15 del Regolamento GDPR.

dello stato di salute o dell'orientamento sessuale, ovvero che comportano misure aventi tali effetti".⁷⁰

1.3 Machine Learning e Big Data

Il *Machine Learning* e i *Big Data* rappresentano due pilastri fondamentali dell'innovazione tecnologica contemporanea, spesso lavorando in stretta sinergia per rivoluzionare diversi settori. Il *Machine Learning*, una branca dell'intelligenza artificiale, sviluppa algoritmi capaci di apprendere dai dati, migliorando le proprie prestazioni con l'esperienza. I *Big Data*, d'altro canto, si riferiscono a giganteschi insiemi di dati, generati a velocità sempre crescenti da una varietà di fonti come sensori, dispositivi IoT, *social media* e transazioni *online*.

Questa combinazione potente permette di trasformare dati grezzi e complessi in informazioni utili e azionabili.

1.3.1 Machine Learning

Il *Machine Learning* rappresenta un ambito dell'intelligenza artificiale focalizzato sullo sviluppo di algoritmi e modelli che permettono ai computer di apprendere autonomamente dai dati e migliorare le loro prestazioni nel tempo, senza richiedere una riscrittura esplicita del programma per ciascuna nuova operazione. Questo concetto fu introdotto nel 1959 da Arthur Lee Samuel, un riconosciuto informatico americano, per descrivere la capacità dei computer di apprendere autonomamente.

Tuttavia, è a Tom Michael Mitchell che si deve la definizione più conosciuta di *Machine Learning*: "Un programma apprende dall'esperienza *E* rispetto a un insieme di compiti *T* e una misura di prestazione *P*, se le sue performance nei compiti *T*, misurate

⁷⁰ Considerando n. 71 del GDPR. Consultabile al seguente [link](#).

da P , migliorano con l'esperienza E .⁷¹". La sopracitata definizione sottolinea l'importanza dell'esperienza nel miglioramento delle *performance* di un sistema informatico in specifici compiti.

Tale approccio innovativo rappresenta una rottura con il paradigma tradizionale, poiché parte dal presupposto che il sistema impari attraverso i dati. Gli algoritmi di *Machine Learning* operano quindi per individuare la regolarità e le tendenze all'interno dei dati forniti. Con l'acquisizione continua di nuovi dati, la macchina si adatta e perfeziona il suo processo di elaborazione delle informazioni complesse e risoluzione dei problemi⁷². Tale processo avviene mediante l'uso di algoritmi che consentono alle macchine di riconoscere *pattern* nei dati di addestramento e di applicare queste conoscenze per effettuare previsioni o prendere decisioni sui dati futuri. L'apprendimento automatico da parte del sistema può avvenire in vari modi, a seconda del tipo di problema e dei dati disponibili. In tal senso, esistono varie categorie di *Machine Learning*, tra le principali vi sono:

- ***Supervised Learning***: L'apprendimento supervisionato è un paradigma del *Machine Learning* per acquisire informazioni sulla relazione *input-output* di un sistema basato su un insieme di campioni di addestramento accoppiati *input-output*⁷³. Questi algoritmi vengono addestrati con esempi etichettati, in cui sia gli *input* che gli *output* sono noti. Durante l'apprendimento, l'algoritmo riceve una serie di *input* con i relativi *output* corretti e impara confrontando il suo *output* con quello corretto, in modo tale da individuare gli errori, e, di conseguenza, modificare il modello⁷⁴.

⁷¹ Mitchell T. M. *Machine Learning*. McGraw-Hill. (1997).

⁷² Sanguinetti, G. *Machine Learning: accuratezza, interpretabilità e incertezza*. Ithaca: Viaggio nella Scienza. *Machine Learning Uncertainty*. Volume 16. P. 78. (2020).

⁷³ Liu, Q. *Supervised Learning*. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer. Boston, MA. Norbert, M. Seel Editor. P.p. 3243-3246. (2012).

⁷⁴ Chahal, A., Preeti, G. *Machine Learning e Deep Learning*. *Rivista internazionale di tecnologia innovativa ed esplorazione dell'ingegneria*. P.p. 4910-4914. (2019).

Infatti, a seguito dell'addestramento, il modello è capace di effettuare previsioni su nuovi dati simili, identificando quali risposte potrebbero corrispondere a specifici *input*.

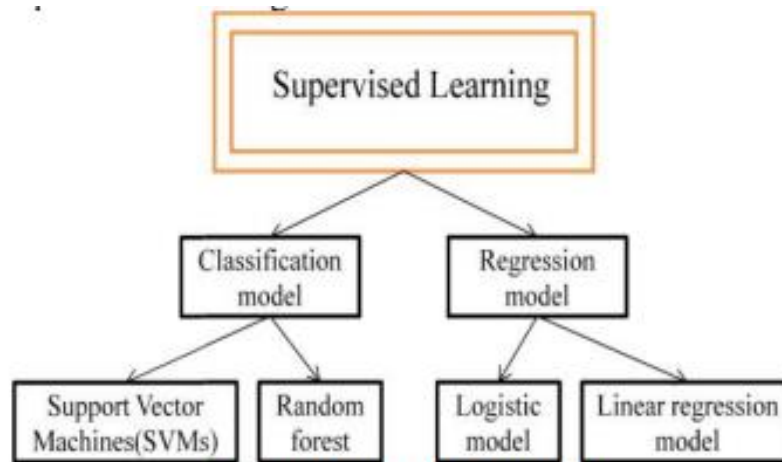


Fig. 4. Supervised Learning

75

- **Unsupervised Learning:** L'*Unsupervised Learning*, o apprendimento non supervisionato, è un metodo di analisi dei dati in cui una rete neurale artificiale identifica somiglianze all'interno di un insieme diversificato di *input*. A differenza dell'apprendimento supervisionato, qui non sono presenti etichette di *output* desiderate e il computer cerca autonomamente di riconoscere modelli e strutture nei dati di *input*⁷⁶.

Questo approccio contrasta con il *Supervised Learning*, dove gli sviluppatori controllano completamente l'addestramento e definiscono chiaramente gli obiettivi di apprendimento.

L'apprendimento non supervisionato funziona analizzando una grande quantità di informazioni per determinare relazioni, modelli e similitudini tra i

⁷⁵ Ivi. P. 4912.

⁷⁶ Ghahramani, Z. Unsupervised Learning. P.p. 72 – 112 (2004). In: Bousquet, O., von Luxburg, U., Rätsch, G. (eds). Advanced Lectures on Machine Learning. ML. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg. Volume 3176. (2003).

dati. Una tecnica comune è il *clustering*, dove gli algoritmi autonomamente raggruppano i dati in *cluster* basati sulle loro caratteristiche simili⁷⁷. Un'altra tecnica è l'associazione, dove gli algoritmi trovano connessioni tra i dati tramite determinati attributi.

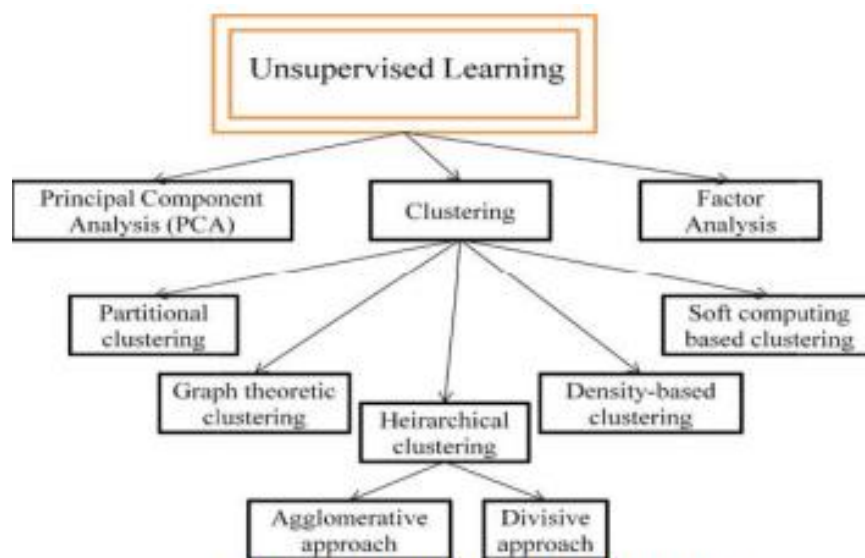


Fig. 5. Unsupervised Learning

78

- ***Semi-supervised Learning***: In certi casi, gli *input* possono essere disponibili solo parzialmente o limitati a *feedback* speciali⁷⁹. In queste circostanze, vengono utilizzati algoritmi di apprendimento semi-supervisionato. Questi algoritmi permettono di sviluppare modelli matematici utilizzando dati di addestramento incompleti, in cui una parte degli *input* non è etichettata⁸⁰. Tale approccio è particolarmente vantaggioso quando il costo dell'etichettatura è proibitivo per un processo di addestramento completamente etichettato.

⁷⁷ Machine Learning Overview. White Paper. Flairnet. Consultabile al seguente [link](#).

⁷⁸ Chahal, A., Preeti, G. Machine Learning e Deep Learning. Rivista internazionale di tecnologia innovativa ed esplorazione dell'ingegneria. P.p. 4912. (2019).

⁷⁹ Ibidem.

⁸⁰ Bilenko, M., Basu, S., Mooney, R. J. Integrating constraints and metric learning in semi-supervised clustering. Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning. P.p. 81-88. (2004).

L'apprendimento semi-supervisionato si situa a metà strada tra l'apprendimento supervisionato e quello non supervisionato⁸¹ e spesso richiede l'intervento di un esperto o di un analista per ottimizzare i risultati. È comunemente impiegato nei problemi di classificazione, *clustering* e nella determinazione delle relazioni causa effetto tra variabili. Quindi, questa tecnica permette di addestrare un computer a risolvere problemi fornendo gli esempi con la risposta corretta (dati etichettati) ed esempi senza la risposta corretta (dati non etichettati). Tale approccio ha delle fasi operative ben definite, in particolare:

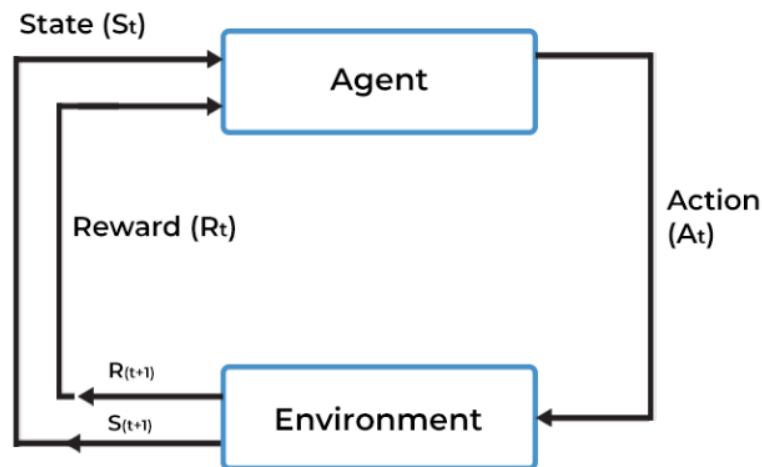
- etichettatura dei dati;
 - formazione del modello;
 - integrazione di dati non etichettati;
 - valutazione e perfezionamento del modello.
-
- ***Reinforcement Learning***: Si tratta di un paradigma di apprendimento automatico in cui un agente *software* apprende a prendere decisioni ottimali attraverso l'interazione con un ambiente (contesto in cui l'agente opera e interagisce)⁸². A differenza dell'apprendimento supervisionato e non supervisionato, dove il modello apprende dai dati statici, nel *Reinforcement Learning* l'agente apprende attraverso prove ed errori, ricevendo *feedback* sotto forma di rinforzi positivi o negativi in base alle azioni intraprese nell'ambiente⁸³. L'obiettivo dell'agente è massimizzare la somma cumulativa dei rinforzi ottenuti nel lungo periodo. Ciò implica l'apprendimento di strategie efficaci che portano a risultati positivi nel contesto specifico dell'ambiente.

⁸¹ Basu, S., Bilenko, M., Mooney, R. J. A probabilistic framework for semi-supervised clustering. (2004).

⁸² Sutton, R. S., Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. The MIT Press Cambridge. London, England, P.p. 2-25. (2015).

⁸³ Mnih, V. et al. Human-level control through deep reinforcement learning. Nature. Volume 518. P.p. 529-533. (2015).

REINFORCEMENT LEARNING MODEL



84

- **Deep Learning:** Il *Deep learning* è riconosciuto come il motore della rivoluzione nel *Machine Learning*. I modelli di *Deep Learning* utilizzano algoritmi basati su reti neurali artificiali (ANN)⁸⁵, che sono modelli matematici ispirati al funzionamento delle reti neurali biologiche del cervello umano⁸⁶. Questi modelli sono costituiti da connessioni tra vari livelli, consentendo al computer di elaborare e comprendere dati complessi. L'idea di fondo è che, come il cervello umano impara dagli esempi senza essere progettato per compiti specifici, anche un algoritmo di apprendimento dovrebbe basarsi puramente sui dati, evitando qualsiasi ingegnerizzazione delle caratteristiche e semplicemente estraendole dai dati stessi. Il *Deep Learning* raggiunge questo obiettivo applicando ripetutamente trasformazioni non lineari adattabili ai dati grezzi. Questi modelli sono altamente parametrizzati e difficili da ottimizzare, motivo per cui le reti neurali profonde sono state abbandonate dopo un breve periodo di popolarità negli anni '80. Verso la fine del primo decennio del 2000, l'interesse per le reti neurali profonde, torna in voga, ciò grazie alla crescente disponibilità di dati e ai

⁸⁴ Immagine estratta dal seguente [link](#).

⁸⁵ Schmidhuber, J. Deep learning in neural networks: An overview. *Neural Networks*. Volume 61. P.p. 85–117. (2015).

⁸⁶ Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A. *Deep Learning*. MIT Press. (2016).

progressi nell'*hardware* dei computer, in particolare grazie alle GPU (Unità di Elaborazione Grafica), che permettono l'ottimizzazione su larga scala. Nel giro di pochi anni, gli algoritmi di *Deep Learning* hanno dominato molte competizioni di visione artificiale e hanno stabilito nuovi *standard* nel riconoscimento vocale, nell'elaborazione del linguaggio naturale e nella traduzione automatica. Ciò ha generato un enorme interesse industriale e una straordinaria attività di ricerca. Il *Deep learning* rappresenta il mondo come una gerarchia di concetti, dove ogni concetto è definito in relazione ad altri⁸⁷. Quindi, attraverso il *Deep Learning* viene definito un modello che:

- proponga una soluzione di un problema;
- calcoli l'errore di ogni previsione;
- riduca l'errore con algoritmi di ottimizzazione, come ad esempio la discesa del gradiente.⁸⁸

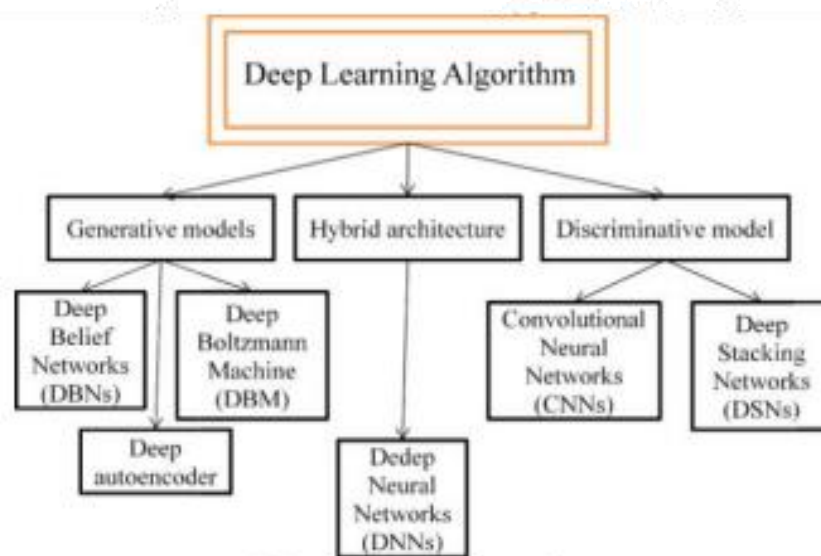


Fig. 6. Deep learning

89

⁸⁷ LeCun, G., Bengio, Y, Hinton, G. Deep Learning. Nature. Volume 521. P.p. 436-444. (2015).

⁸⁸ Binzoni, A. Modelli di Deep Learning per la generazione di Linguaggio Naturale. Alma Mater Studiorum. Università di Bologna. P.p. 1-17. (2021).

⁸⁹ Chahal, A., Preeti, G. Machine Learning e Deep Learning. Rivista internazionale di tecnologia innovativa ed esplorazione dell'ingegneria. Volume 8. P. 4912. (2019).

1.3.2 Big Data

I *Big Data* rappresentano una risorsa fondamentale per gli algoritmi di *Machine Learning* e intelligenza artificiale. Questi dati, generati in quantità enormi da fonti umane e dispositivi tecnologici, formano la base su cui gli algoritmi possono operare e migliorarsi e vanno a costituire i cosiddetti “*Dataset*”. Tuttavia, non è facile fornire una definizione puntuale del concetto di *Big Data*, ciò in quanto il termine stesso si riferisce a una grandezza non definita e il concetto di dato non è oggettivo, poiché varia in base alla prospettiva dell'osservatore e alla definizione del suo significato⁹⁰. Difatti, non esistendo una definizione univoca, gli studiosi sono stati concordi nel definire i *Big Data* in termini di variabili⁹¹, ovvero:

- **Volume:** La quantità colossale di dati generati quotidianamente è una delle caratteristiche più evidenti dei *Big Data*⁹². Con l'espansione di Internet, dei *social media*, dei dispositivi connessi e delle tecnologie di comunicazione, il mondo produce una quantità di dati senza precedenti. Ad esempio, ogni giorno vengono inviate miliardi di e-mail, pubblicati milioni di post sui *social media* e raccolte enormi quantità di dati dai sensori IoT (*Internet of Things*). Quando la quantità di informazioni supera una certa soglia (seppur arbitraria), le tradizionali metodologie di analisi, condotte dall'uomo, non possono essere impiegate proprio a causa dell'ingente mole di informazioni.
- **Varietà:** La diversità delle tipologie dei dati raccolti è un'altra caratteristica fondamentale. I *Big Data* possono includere testi, immagini, video, dati strutturati, come tabelle di *database*, e dati non strutturati, come *e-mail* e *post* sui *social media*. La varietà è importante perché permette

⁹⁰ Ferrari, V. Note socio-giuridiche introduttive per una discussione su diritto, intelligenza artificiale e Big Data. (2020). Consultabile al seguente [link](#).

⁹¹ Dautov, R., Distefano, S. Quantifying volume, velocity, and variety to support (Big) data intensive application development. IEEE International Conference on Big Data. Boston. P.p. 2843–2852. (2017).

⁹² De Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M. Una definizione dei Big Data basata sulle sue caratteristiche essenziali. Library Review. Volume 65. P.p. 122-135. (2016).

agli algoritmi di apprendimento automatico di avere una visione più completa e sfaccettata del fenomeno in esame⁹³.

- **Velocità:** La rapidità con cui i dati vengono generati e processati è fondamentale nell'era digitale. I dati vengono creati in tempo reale in molti settori, come i mercati finanziari, dove le transazioni vengono in millisecondi, o le applicazioni di navigazione, che devono elaborare dati di traffico in tempo reale per fornire indicazioni precise. La capacità di analizzare e reagire rapidamente a questi flussi di dati è di primaria importanza per molte applicazioni di *Machine Learning*. Gli algoritmi avanzati possono analizzare dati in tempo reale, permettendo alle organizzazioni di rispondere prontamente ad eventi imprevisti, ottimizzare operazioni e migliorare la soddisfazione dei clienti⁹⁴.

Tuttavia, i dati possono generare risultati inappropriati qualora non siano affidabili e accurati. Spesso, i dati possono essere incompleti, inesatti o addirittura sbagliati, e all'aumentare della complessità dei dati cresce anche la possibilità che i risultati non siano appropriati e accurati. In tal senso, per avere dei risultati precisi è necessario che i dati immessi nel dataset rispettino il requisito della veridicità⁹⁵.

I *Big Data* e gli algoritmi lavorano in stretta sinergia, i *Big Data* forniscono la materia prima necessaria per l'apprendimento automatico, mentre gli algoritmi sono gli strumenti che trasformano questa materia in conoscenza utile e azionabile. Questo processo di apprendimento permette agli algoritmi di migliorarsi continuamente man mano che vengono esposti ai nuovi dati. Ad esempio, gli algoritmi di *Machine Learning* possono analizzare dati storici per prevedere tendenze future, identificare anomalie e ottimizzare processi.

L'integrazione di *Big Data* e algoritmi sta trasformando vari settori:

⁹³ Sciacchitano, F. Disciplina e utilizzo degli Open Data in Italia. *Media Laws*. P.p. 281-314. (2019).

⁹⁴ De Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M. Una definizione dei Big Data basata sulle sue caratteristiche essenziali. *Library Review*. Volume 65. P.p. 122-135. (2016).

⁹⁵ Longo, G. Big Data e intelligenza artificiale: che futuro ci aspetta?. *ScienzaeFilosofia*. N. 20. P. 101. (2018). Consultabile al seguente [link](#).

- **E-commerce:** I dati sui comportamenti d'acquisto dei clienti possono essere analizzati per offrire raccomandazioni personalizzate, migliorare l'esperienza utente e aumentare le vendite. Ad esempio, piattaforme come *Amazon* utilizzano algoritmi di *Machine Learning* per suggerire prodotti in base alla cronologia degli acquisti e ai comportamenti di navigazione degli utenti. Questo non solo migliora l'esperienza del cliente, ma aumenta anche le probabilità di vendita⁹⁶.
- **Sanità:** I *Big Data* possono essere utilizzati per monitorare la salute dei pazienti in tempo reale, migliorare le diagnosi e personalizzare i trattamenti. Per esempio, l'analisi dei dati clinici storici può aiutare a identificare tendenze e modelli che possono migliorare la gestione delle malattie e la pianificazione dei trattamenti⁹⁷.
- **Finanza:** Gli algoritmi possono analizzare transazioni finanziarie in tempo reale per rilevare frodi, gestire i portafogli di investimento e prevedere le tendenze del mercato. Le banche e le istituzioni finanziarie utilizzano i *Big Data* per monitorare le attività sospette e prevenire le frodi, migliorare la valutazione del rischio e ottimizzare le strategie di *trading*.⁹⁸
- **Logistica:** Analizzando i dati sulle rotte di trasporto e sulle condizioni del traffico, le aziende possono ottimizzare le catene di approvvigionamento, ridurre i costi e migliorare l'efficienza operativa. Ad esempio, le aziende di logistica, come UPS, utilizzano algoritmi di ottimizzazione del percorso per ridurre i tempi di consegna e il consumo di carburante, migliorando così l'efficienza operativa e la sostenibilità ambientale⁹⁹.
- **Marketing:** I dati sui comportamenti dei consumatori possono essere utilizzati per creare campagne pubblicitarie mirate, migliorare il *targeting* degli annunci e

⁹⁶ El Falah, Z., Rafalia, N., Abouchabaka, J. An Intelligent Approach for Data Analysis and Decision Making in Big Data: A Case Study on E-commerce Industry. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Volume. 12. N. 7. (2021).

⁹⁷ Lombi, L., Moretti, V. Salute digitale e “Big Data” in sanità. Il Mulino Editore. P.p. 349-365. (2020).

⁹⁸ Carraro, G. et al. Finanza, big data e vantaggi concorrenziali. Editrice Minerva Bancaria. P.p. 11-17. (2018).

⁹⁹ Scardera, C. Tecniche di big data analytics per la gestione delle filiere logistico produttive. Università Politecnica delle Marche, Dipartimento di Ingegneria Gestionale. P.p. 34-35. (2020).

aumentare l'efficacia delle strategie di *marketing*. Le aziende possono analizzare i dati dei *social media*, le cronologie di navigazione e le interazioni *online* per segmentare i clienti e personalizzare i messaggi pubblicitari, aumentando così l'*engagement* e la conversione¹⁰⁰.

Nonostante i numerosi benefici, l'utilizzo dei Big Data presenta anche diverse sfide. La gestione di grandi volumi di dati richiede infrastrutture tecnologiche avanzate e competenze specializzate. La protezione della *privacy* e la sicurezza dei dati sono preoccupazioni fondamentali. Le aziende devono garantire che i dati siano trattati in conformità alle normative sulla *privacy* e che siano protetti da accessi non autorizzati. Le nuove regolamentazioni, come il Regolamento generale sulla protezione dei dati (GDPR) in Europa, impongono restrizioni rigorose su come i dati possono essere raccolti, conservati e utilizzati.

Tuttavia, le opportunità offerte dai *Big Data* sono immense, le aziende che riescono a sfruttare efficacemente i dati possono ottenere un vantaggio competitivo significativo, migliorando l'efficienza operativa e creando nuovi modelli di *business*. La continua evoluzione delle tecnologie di *Machine Learning* e l'aumento della disponibilità di dati promettono di portare ulteriori innovazioni e scoperte nei prossimi anni. La combinazione di *Big Data* e algoritmi di *Machine Learning* ha il potenziale di rivoluzionare vari settori, migliorare la qualità della vita e stimolare la crescita economica.

1.4 Panoramica delle principali aree di applicazione dell'IA

L'Intelligenza Artificiale si sta rapidamente affermando come una delle tecnologie più trasformatrici e onnipresenti nel panorama moderno. Con la sua capacità di simulare processi intelligenti, tipicamente associati all'intelligenza umana, come il ragionamento,

¹⁰⁰ Lies, J. Marketing Intelligence and Big Data: Digital Marketing Techniques on their Way to Becoming Social Engineering Techniques in Marketing. International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence. Volume 5. Pp. 134 - 140. (2019).

l'apprendimento e la risoluzione di problemi complessi, l'IA sta rivoluzionando ogni aspetto della nostra vita quotidiana.

Non si tratta solo di una novità tecnologica ma di una forza catalizzatrice che sta ridefinendo le nostre interazioni con la tecnologia stessa¹⁰¹.

Dalle applicazioni su *smartphone* che predicono le nostre preferenze di ricerca e suggeriscono risposte immediate, alle domande più complesse, fino ai dispositivi domestici intelligenti che regolano l'ambiente circostante in base ai nostri comportamenti, l'IA si è insinuata in numerosi aspetti della nostra esistenza, rendendoli più efficienti, personalizzati e, in molti casi, più sicuri¹⁰².

L'IA promette di migliorare l'efficienza, la precisione e la personalizzazione nei servizi che utilizziamo quotidianamente. La sua capacità di analizzare enormi quantità di dati in tempo reale e di trarre conclusioni basate su modelli predittivi sta aprendo nuove frontiere nell'innovazione tecnologica. Tuttavia, questo rapido avanzamento solleva anche importanti domande etiche e sociali riguardo all'uso responsabile ed equo di queste tecnologie emergenti. In sintesi, l'IA è diventata una componente silenziosa onnipresente della nostra vita quotidiana. I suoi algoritmi lavorano incessantemente dietro le quinte della rete, influenzando le nostre scelte, plasmando le nostre interazioni digitali e fisiche in modi che spesso non riusciamo neanche a riconoscere. È difficile delineare con precisione gli ambiti applicativi dell'intelligenza artificiale, poiché questa tecnologia è in costante mutamento ed evoluzione. L'IA non è statica; continua a svilupparsi rapidamente attraverso nuove scoperte scientifiche, avanzamenti tecnologici, ciò rende impossibile stabilire i confini definitivi per i suoi ambiti di applicazione.

Ogni giorno emergono nuove applicazioni e casi d'uso per l'IA, spesso superando le aspettative e aprendo nuove possibilità. Questa natura dinamica rende fondamentale l'adozione di una mentalità aperta e flessibile nei confronti dell'IA, l'uomo deve quindi essere pronto ad abbracciare le sfide e sfruttare le opportunità che tale tecnologia continua ad offrire. In tal senso, se delineare i campi applicativi futuri dell'IA risulta poco

¹⁰¹ Casonato, C. Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro. BioLaw. Edizione dicembre. P.p. 711-725. (2019).

¹⁰² Intelligenza Artificiale: le migliori applicazioni pratiche. Articolo consultabile al seguente [link](#).

produttivo e poco veritiero, possiamo, tuttavia, analizzare i settori in cui questa è attualmente impiegata. Tra i vari, quelli che vedono un maggiore impiego di tale tecnologia sono:

- sanità¹⁰³;
- finanza;
- marketing;
- *Automotive*.

1.4.1 IA in Finanza

Nel contesto finanziario, l'intelligenza artificiale sta rivoluzionando la gestione degli investimenti, introducendo strategie avanzate di allocazione del portafoglio. Questi approcci innovativi si distinguono dai metodi tradizionali per la loro capacità di adattarsi dinamicamente alle mutevoli condizioni di mercato utilizzando algoritmi sofisticati di *Machine Learning*¹⁰⁴.

A differenza delle strategie basate su dati storici statici, come i bilanci aziendali passati, l'IA abilita una gestione adattiva del portafoglio. Ciò significa che gli algoritmi non solo identificano la composizione ottimale del portafoglio iniziale, ma continuano a rivederla e aggiornarla in tempo reale in risposta alle nuove informazioni di mercato¹⁰⁵.

Questa flessibilità consente di massimizzare i rendimenti mantenendo un rischio gestibile, adeguando costantemente la strategia di investimento alle dinamiche economiche e agli eventi del mercato.

La *partnership* tra esperti umani, come sviluppatori di algoritmi e *data scientist*, e le capacità algoritmiche dell'IA è fondamentale in questo processo. Mentre gli esseri

¹⁰³ Verrà approfondita nei prossimi capitoli.

¹⁰⁴ Italiano, F. G. Le sfide interdisciplinari dell'Intelligenza artificiale. Analisi Giuridica dell'Economia. Il Mulino-Riviste web. P.p. 14-17. (2019).

¹⁰⁵ Chiu, K. C., Xu, L. Arbitrage pricing theory-based Gaussian temporal factor analysis for adaptive portfolio management. Decision Support Systems. Volume 37. P.p. 485-500. (2004).

umani progettano e ottimizzano gli algoritmi, è l'IA che esegue l'analisi continua dei dati e implementa le decisioni di investimento. Questa sinergia tra intelligenza umana e artificiale non solo migliora l'efficienza operativa, ma anche la precisione delle previsioni e la strategie di portafoglio nel lungo periodo.

1.4.2 IA in Marketing

L'IA è entrata a passo teso anche nel campo del *marketing*, apportando cambiamenti significativi e trasformativi, e rivoluzionando le strategie di comunicazione e interazione con i consumatori. L'impatto dell'IA sul *marketing* è duplice, influenzando sia le attività di *marketing* stesse sia il comportamento dei consumatori.

Per i consumatori l'IA offre una qualità di vita migliorata attraverso diversi benefici:

- soluzioni altamente personalizzate;
- servizi post-vendita, vi è infatti un'assistenza clienti disponibile 24/7;
- processi di acquisto più convenienti e rapidi;
- strumenti di assistenza all'acquisto.

Questi sviluppi sottolineano come l'intelligenza artificiale stia non solo trasformando le dinamiche aziendali, ma anche migliorando l'esperienza complessiva dei consumatori, anticipando e soddisfacendo le loro esigenze in modi innovativi ed efficaci.

1.4.3 Applicazione nel Settore dell'Automotive

Uno dei settori in cui l'intelligenza artificiale ha fatto grandi progressi è quello dell'*Automotive*. L'applicazione di questa tecnologia non si limita solo alla guida autonoma¹⁰⁶, ma si estende anche a molte altre aree. I veicoli moderni, dotati di sensori avanzati, possono monitorare continuamente le prestazioni e prevedere rischi e minacce.

¹⁰⁶ Ruffolo U. Intelligenza artificiale e responsabilità. Milano. Giuffrè. (2017).

Un'altra applicazione significativa è il monitoraggio continuo del conducente tramite sistemi di riconoscimento facciale. Questi sistemi mantengono sotto costante osservazione il guidatore, rilevando comportamenti facciali indicativi del suo stato di vigilanza. Ad esempio, se percepiscono movimenti anomali delle palpebre, inviano avvisi tempestivi. Ciò è fondamentale per prevenire incidenti legati alla distrazione o alla stanchezza.

Nel 2014, la *Society of Automotive Engineers* (SAE) ha creato una classificazione a sei livelli (da 0 a 5) per definire il grado di automazione dei veicoli¹⁰⁷:

- Livello 0: non vi è nessuna automazione della guida, il conducente ha il pieno controllo del mezzo.
- Livello 1: assistenza al guidatore in alcune azioni essenziali, come sterzo e accelerazione.
- Livello 2: automazione parziale, con sistemi che gestiscono contemporaneamente più azioni essenziali.
- Livello 3: automazione condizionata, dove il sistema interviene in specifiche condizioni di traffico.
- Livello 4: automazione elevata, con sistemi che gestiscono quasi tutte le necessità ma richiedono una segnaletica stradale specifica.
- Livello 5: automazione completa, in cui il sistema funziona in qualsiasi situazione senza intervento umano, trasformando il guidatore in un passeggero.

¹⁰⁷ Rapporto della Society of Automotive Engineers. P.p. 30 – 32 . (2014). Consultabile al seguente [link](#).

Capitolo secondo - Quadro normativo IA e legislazione in ambito sanitario

L'intelligenza artificiale rappresenta una delle tecnologie più incisive e trasformative del XXI secolo, con implicazioni profonde in una vasta gamma di settori, tra cui quello sanitario. La sua capacità di analizzare grandi quantità di dati, apprendere da essi e prendere decisioni in tempo reale ha portato a sviluppi rivoluzionari nella diagnostica, nella personalizzazione delle cure e nella gestione dei sistemi sanitari. Tuttavia, la crescente diffusione e applicazione dell'IA solleva anche questioni significative riguardo alla sicurezza, all'affidabilità, all'etica e alla protezione dei dati, temi che necessitano di una regolamentazione rigorosa e chiara.

In tale contesto, l'Unione Europea ha riconosciuto la necessità di un quadro normativo che disciplini l'uso dell'IA, garantendo allo stesso tempo l'innovazione tecnologica e la protezione dei diritti fondamentali dei cittadini. Il Regolamento UE in materia di intelligenza artificiale rappresenta un passo fondamentale in questa direzione, ponendosi come obiettivo quello di stabilire regole chiare e uniformi per lo sviluppo e l'uso dei sistemi di IA all'interno del mercato europeo. Questo regolamento non solo definisce le classi di rischio dei sistemi di IA, ma delinea anche le misure attuative, le sanzioni in caso di non conformità e le tempistiche di implementazione.

Il capitolo si apre con un'analisi dello scenario di riferimento (paragrafo 2.1.1), il quale offre una panoramica generale del contesto normativo e tecnologico in cui si inserisce il Regolamento UE. Successivamente, verrà approfondita la classificazione delle tipologie di IA (paragrafo 2.1.2), difatti, i vari sistemi di IA sono differenziati in base al livello di rischio associato all'uso degli stessi. Un aspetto fondamentale della classificazione è la necessità di garantire che i sistemi di IA ad alto rischio, specialmente in ambito sanitario, siano sottoposti a valutazioni rigorose prima della loro immissione sul mercato.

L'architettura del regolamento (paragrafo 2.1.3) fornisce un quadro strutturato delle disposizioni normative, definendo le responsabilità dei produttori, dei fornitori e degli utilizzatori di sistemi di IA. Le sanzioni (paragrafo 2.1.4) previste dal regolamento

sono calibrate in base alla gravità delle violazioni, con l'obiettivo di assicurare la conformità e dissuadere comportamenti scorretti. Le misure attuative (paragrafo 2.1.5) riguardano le specifiche tecniche e procedure necessarie per l'applicazione del Regolamento, mentre le tempistiche (paragrafo 2.1.6) stabiliscono i termini entro i quali le varie disposizioni entreranno in vigore.

Il capitolo prosegue con un'analisi dei lavori del Parlamento italiano (paragrafo 2.2) in materia di intelligenza artificiale, evidenziando come l'Italia stia affrontando le sfide normative e quali siano le prospettive future a livello nazionale.

Un'attenzione particolare sarà dedicata all'impatto dell'AI Act in ambito sanitario (paragrafo 2.3), esplorando come il Regolamento influenzi direttamente lo sviluppo e l'implementazione di soluzioni di IA nella sanità, con implicazioni per la sicurezza dei pazienti, l'efficienza delle cure e la gestione dei dati sanitari.

Infine, il capitolo chiude con una parentesi su come l'intelligenza artificiale stia ridisegnando il Servizio Sanitario Nazionale (paragrafo 2.4), evidenziando sia le opportunità che le criticità legate all'adozione di tecnologie IA nei processi sanitari, dall'organizzazione delle risorse all'interazione con i pazienti.

2.1 Regolamento UE in materia di intelligenza artificiale

L'adozione dell'AI Act rappresenta un passaggio fondamentale nel quadro normativo dell'Unione Europea nel settore dell'intelligenza artificiale¹⁰⁸. Questa normativa, presentata dalla Commissione Europea nell'aprile 2021, mira a creare un contesto regolamentare armonizzato per lo sviluppo, la commercializzazione e l'utilizzo dei sistemi di IA all'interno dell'UE.

Il Regolamento è progettato per garantire che le tecnologie di IA siano sicure e rispettino i diritti fondamentali e i valori dell'UE. L'AI Act ha l'obiettivo di promuovere l'innovazione e gli investimenti, offrendo un quadro giuridico chiaro per tutti gli Stati

¹⁰⁸ Ruschemeier, H. AI as a challenge for legal regulation – the scope of application of the artificial intelligence act proposal. ERA Forum. P.p. 367- 370. (2023).

membri. Con la seguente sezione si intende esaminare lo scenario di riferimento, la classificazione dei sistemi di IA, la sua architettura, le sanzioni previste, le misure attuative, la sperimentazione dei sistemi di IA ad alto rischio e le tempistiche associate all'implementazione dell'AI Act.

2.1.1 Scenario di riferimento

Il 13 marzo 2024, il Parlamento Europeo ha approvato il Regolamento UE in materia di Intelligenza Artificiale (cd. AI Act), con 523 voti favorevoli, 46 contrari e 49 astensioni. Tale data, se da una parte può essere considerata un punto di arrivo, poiché i lavori europei circa l'argomento sono iniziati più di tre anni fa, dall'altra deve essere percepita solo come un punto di partenza, gli Stati membri, infatti, devono ancora dotarsi degli strumenti che consentiranno l'attuazione effettiva del Regolamento.

Il percorso dell'AI Act inizia formalmente nel 2018, quando la Commissione Europea ha nominato un gruppo di esperti, AI HLEG (*High Level Expert Group*) al fine di avere una consulenza circa l'adozione di linee guida etiche per lo sviluppo di un'intelligenza artificiale affidabile¹⁰⁹. Queste ultime hanno promosso una visione umano-centrica circa l'IA, in tal senso, è stato più volte ribadito che l'adozione di tale tecnologia, la quale apporterà progresso e innovazione, sia volta al miglioramento del benessere individuale e sociale, sia in ambito lavorativo che quotidiano¹¹⁰.

Tali linee guida sono state adottate l'anno successivo, e, tra i vari settori menzionati dal gruppo di esperti, è stato preso in esame anche quello della sanità. Al fine di valutare se le raccomandazioni portate avanti fossero apprezzate dagli *stakeholder* del settore,

¹⁰⁹ AI, HLEG. High Level Expert Group on artificial intelligence. Ethics guidelines for trustworthy AI. P.p. 4-8. (2019).

¹¹⁰ Laux, J., Wachter, S., Mittelstadt, B. Trustworthy artificial intelligence and the European Union AI act: On the conflation of trustworthiness and acceptability of risk. Regulation & Governance 18.1. P.p. 7-12. (2024).

sono stati organizzati dei *workshop* a cui hanno presenziato 43 partecipanti¹¹¹. Ciò che è emerso è stato un unanime consenso circa le raccomandazioni, tuttavia, i vari *stakeholder* hanno sottolineato che alcuni argomenti richiedono una maggiore attenzione, in particolare è necessario:

- garantire che gli sviluppatori di IA siano competenti nel settore sanitario;
- fornire una formazione specifica in IA a tutti i livelli nel settore sanitario per permettere una collaborazione efficace tra uomo e IA;
- sviluppare una regolamentazione che tenga conto delle peculiarità del settore sanitario;
- coinvolgere tutti gli *stakeholder* nella definizione delle politiche sull'IA in sanità;
- assicurare che i dati sanitari siano di alta qualità per costruire soluzioni di IA affidabili;
- monitorare l'uso dell'IA per prevenire discriminazioni e proteggere la *privacy*;
- creare uno Spazio Europeo dei Dati Sanitari per migliorare la cooperazione e l'innovazione nel settore sanitario.

Fatta questa breve parentesi, i lavori dell'Unione proseguono nell'ottobre 2020¹¹², quando i *leader* dell'Unione Europea si sono riuniti per affrontare il tema della transizione digitale, concentrandosi in particolare sull'intelligenza artificiale. Nelle conclusioni di questo incontro, il Consiglio Europeo ha formulato una serie di raccomandazioni indirizzate alla Commissione Europea, con l'obiettivo di rafforzare il ruolo dell'Europa in tale ambito.

¹¹¹ Independent High Level Expert Group on artificial intelligence set up by the European Commission. Deliverable 4. Sectoral considerations on the policy and investment recommendations for trustworthy artificial intelligence. Pp. 11-12. Consultabile al seguente [link](#).

¹¹² Conclusioni del Consiglio Europeo. 1-2 ottobre 2020. Consultabile al seguente [link](#).

Tra le principali proposte emerse, vi è la sollecitazione a incrementare gli investimenti pubblici e privati, sia a livello europeo che nazionale, in ricerca, innovazione e diffusione dell'intelligenza artificiale.

Il Consiglio ha anche evidenziato la necessità di potenziare il coordinamento e di sviluppare reti e collaborazioni tra i centri di ricerca europei, puntando sull'eccellenza. Inoltre, è stata sollecitata una definizione precisa e oggettiva dei sistemi di intelligenza artificiale ad alto rischio, al fine di assicurare una regolamentazione appropriata e la sicurezza nell'utilizzo di queste tecnologie avanzate.

Il percorso prosegue il 21 aprile 2021, quando la Commissione Europea ha avanzato la proposta di un nuovo Regolamento del Parlamento Europeo e del Consiglio¹¹³, volto a stabilire norme uniformi per l'intelligenza artificiale, andando così a modificare alcuni atti legislativi dell'UE.

La nuova proposta definisce regole uniformi per lo sviluppo, la commercializzazione e l'uso dei sistemi di intelligenza artificiale nell'Unione Europea¹¹⁴. Essa istituisce un quadro normativo volto alla garanzia di un utilizzo sicuro dell'IA, in conformità con i diritti fondamentali e i principi europei vigenti, e assicura certezza giuridica per promuovere gli investimenti e l'innovazione nel settore dell'intelligenza artificiale. Inoltre, l'atto prevede la creazione di un Comitato Europeo per l'intelligenza artificiale con l'obiettivo di favorire la cooperazione tra gli Stati membri e assicurare il rispetto del Regolamento.

L'obiettivo della regolamentazione europea sui sistemi di intelligenza artificiale è quello di sostenere l'innovazione, creando un ambiente digitale sicuro per la sperimentazione normativa, e stabilire le basi per un quadro giuridico che possa essere adottato anche dai singoli Stati membri.

¹¹³ Proposta di Regolamento che stabilisce norme armonizzate sull'intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).

¹¹⁴ Panigutti, C., Hamon, R., Hupont, I., Fernandez Llorca, D., Yela, D. F., Junklewitz, H., Scalzo, S., Mazzini, G., Sanchez, I., Garrido, J. S., Gomez, E. The role of explainable AI in the context of the AI Act. In ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency. Chicago, USA. P.p. 1139-1150. (2023).

Successivamente, il 6 dicembre 2022¹¹⁵, il Consiglio dell'Unione Europea ha adottato la sua posizione “orientamento generale” sul Regolamento. Il nuovo Regolamento proposto mirava a garantire che i sistemi di IA commercializzati e utilizzati nell'UE fossero sicuri e conformi alle leggi sui diritti fondamentali e ai valori dell'Unione. L'adozione dell'orientamento generale ha permesso al Consiglio di iniziare i “triloghi”, ovvero, negoziati interistituzionali tra i rappresentanti del Parlamento Europeo, del Consiglio e della Commissione per concordare il testo da sottoporre all'approvazione dei due colegislatori, l'accordo politico si è raggiunto il 9 dicembre 2023¹¹⁶.

Nel corso della discussione sono emersi due aspetti molto delicati:

- le regole da applicare ai modelli di intelligenza artificiale generale (*foundation model*¹¹⁷), ovvero, quei modelli in grado di eseguire una vasta gamma di compiti, come la creazione di testi o immagini, e che vengono addestrati su grandi quantità di dati non categorizzati (ad esempio GPT-4, alla base del chatbot ChatGPT);
- il percorso da intraprendere nell'utilizzo dell'IA per compiti di polizia e sorveglianza, da cui è emersa la posizione più rigorosa del Parlamento, contrapposta a un approccio più flessibile del Consiglio, volto a concedere una maggiore libertà di azione per le autorità di polizia.

Con riferimento al negoziato in seno al Consiglio Europeo, in cui sono presenti i rappresentanti dei Governi di tutti gli Stati membri, l'Italia si è da subito detta favorevole all'introduzione di un quadro comune di regole sull'IA. La posizione del Governo italiano si è basata su una visione “umano-centrica”, volta a promuovere la semplificazione e la chiarezza delle definizioni a partire da quelle di intelligenza artificiale, sistemi generativi e *foundation model*.

¹¹⁵ Camera dei Deputati. Dossier 5 febbraio 2024 n. 26. Il Regolamento UE in materia di intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).

¹¹⁶ Comunicato stampa del Consiglio dell'UE del 9 dicembre 2023. Consultabile al seguente [link](#)

¹¹⁷ Secondo la definizione fornita dal Center for Research on Foundation Models (CRFM) dell'Università di Stanford, un *foundation model* identifica qualsiasi modello che sia allenato su un'ampia quantità di dati e che può essere adattato a una vasta gamma di compiti a valle. Consultabile al seguente [link](#).

Sulla base di tale impostazione, il Governo italiano:

- ha insistito per l'esclusione di alcuni settori dall'ambito di applicazione dell'originaria proposta di regolamento, e per una maggiore chiarezza rispetto al coordinamento con le normative di settore, in particolare bancario e assicurativo¹¹⁸;
- si è espresso a favore di un sistema di *self-assessment* da parte delle aziende dei sistemi di IA, attraverso linee guida¹¹⁹;
- quanto agli obblighi, si è impegnato per renderli il meno gravosi possibile per le PMI¹²⁰;
- ha chiesto di includere tra i sistemi ad alto rischio i sistemi di ausilio e supporto al giudice nella ricerca e nell'interpretazione dei fatti e della legge, nonché i sistemi di ADR (metodi alternativi di risoluzione delle controversie)¹²¹;
- con riferimento alle definizioni, l'Italia ha chiesto chiarezza sui sistemi a finalità generale, in quanto vi è il rischio di rapida obsolescenza e di definizioni troppo ristrette¹²².

Nella fase delle trattative con gli Stati membri, molto importante è stata la convergenza su alcuni punti da parte di Italia, Francia e Germania¹²³. Sostanzialmente, si chiedeva di non applicare regole troppo stringenti ai sistemi di intelligenza artificiale generativa: l'intenzione, effettivamente recepita, era quella di permettere alle imprese di sviluppare sistemi alla base dei prodotti di IA, come ChatGPT, semplicemente autocertificandone le caratteristiche e adeguandosi alle migliori pratiche.

¹¹⁸ Camera dei Deputati. Dossier 5 febbraio 2024 n. 26. Il Regolamento UE in materia di intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).

¹¹⁹ Ibidem.

¹²⁰ Ibidem.

¹²¹ Ibidem.

¹²² Ibidem.

¹²³ Comunicato stampa del MIMIIT circa la cooperazione tra Italia, Francia e Germania sull'intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).

L'AI Act, dopo essere stato approvato il 13 marzo dal Parlamento Europeo, è stato poi approvato dal Consiglio, il 12 luglio è stato pubblicato in Gazzetta Ufficiale, e dopo 20 giorni, quindi il 2 agosto, il Regolamento è entrato in vigore.

Il Regolamento sull'intelligenza artificiale ha quindi l'obiettivo strategico «*di creare un mercato unico digitale europeo e permettere all'Unione Europea di diventare leader mondiale nello sviluppo di un'intelligenza artificiale sicura, affidabile ed etica*»¹²⁴.

L'Unione Europea si dota così di una regolamentazione trasversale sull'intelligenza artificiale prima delle altre grandi potenze mondiali, a riguardo vi era un forte scetticismo poiché, pur vedendo in questa tecnologia grandi opportunità in termini economici e di sviluppo, si temeva che Cina e Stati Uniti facessero il “grande passo” prima dell'Europa¹²⁵.

Fino ad ora abbiamo descritto il Regolamento sull'intelligenza artificiale come un provvedimento del tutto svincolato da una precedente normativa europea. In realtà, vi è un altro Regolamento da tenere in conto per avere un quadro completo della legislazione, stiamo parlando del GDPR¹²⁶. Questa stretta interconnessione è dovuta al fatto che l'intelligenza artificiale necessita di una gran quantità di dati, i quali sono diventati oggetto di crescente interesse da parte di imprese e aziende, per la straordinaria capacità di crescita che essi offrono. La possibilità di estrarre informazioni dalla loro analisi permette di ottenere vantaggi indiscutibili in termini di potere e controllo¹²⁷ in vari settori tra cui quello del mercato (cosiddetta *business intelligence*, *behavioural advertising*)¹²⁸, quello

¹²⁴ Finocchiaro, G. La proposta di Regolamento sull'Intelligenza Artificiale: il modello Europeo basato sulla gestione del rischio. Il diritto dell'informazione e dell'informatica. P.p. 303-322. (2022).

¹²⁵ McKinsey & Company. 10 imperatives for Europe in the age of AI and automation. Report for the European Union Heads of State Tallinn Digital Summit. McKinsey Global Institute. (2017).

¹²⁶ Già citato nel precedente capitolo. Si tratta del Regolamento (UE) 2016/679 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 aprile 2016, relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la direttiva 95/46/CE (Regolamento generale sulla protezione dei dati). Consultabile al seguente [link](#).

¹²⁷ Mantelero, A. Big Data: i rischi della concentrazione del potere informativo digitale e degli strumenti di controllo. Il diritto dell'informazione e dell'informatica. Fascicolo 1. P.p. 135-144. (2012).

¹²⁸ Bourreau, M., De Streel, A., Graef, I. Big Data e politica della concorrenza: potere di mercato, prezzi personalizzati e pubblicità. Centre on Regulation in Europe. P.p. 29-38. (2017).

finanziario (*FinTech*, *TechFin*)¹²⁹, quello politico (inclusa la manipolazione ai fini elettorali)¹³⁰ e quello governativo¹³¹. Quindi, in estrema sintesi nonostante la stretta interconnessione tra i due sopracitati provvedimenti europei, il trattamento dei dati personali è regolamentato dal GDPR e non dall'AI Act¹³².

2.1.2 Classificazione dei sistemi di IA: approccio risk-based

L'AI Act dell'UE utilizza un approccio incentrato sul rischio per regolamentare i sistemi di intelligenza artificiale, suddividendoli in diverse categorie con requisiti normativi variabili in base al livello di rischio associato ad essi. Alcuni sistemi richiedono solo restrizioni minime, mentre altri necessitano di solidi sistemi di gestione del rischio e di trasparenza per gli utenti.

Questo metodo mira a gestire la tecnologia dell'IA, ma potrebbe frenare l'innovazione e aumentare i costi di conformità per le aziende, limitando così lo sviluppo armonioso di tale tecnologia. Una delle principali difficoltà di questa strategia è la definizione chiara delle diverse categorie di rischio¹³³. In un contesto tecnologico in rapida evoluzione, i livelli di rischio associati ai sistemi di IA possono variare frequentemente e in modo imprevedibile, rendendo complicato per le aziende anticipare le implicazioni normative sui loro prodotti. Questo porta a incertezze nello sviluppo dei prodotti e nelle decisioni di investimento. Anche i regolatori potrebbero faticare a

¹²⁹ Zetsche, D., Buckley, R., Arner, D. W., Barberis, J. N. From FinTech to TechFin: The Regulatory Challenges of Data-Driven Finance. University of Hong Kong. Paper N. 7. (2017).

¹³⁰ Manheim, K., Kaplan, L. Artificial Intelligence: Risks to Privacy and Democracy. The Yale Journal of law & technology. Volume 21. (2019).

¹³¹ Marthews, A., Tucker, C. Government Surveillance and Internet Search Behavior. Rivista elettronica SSRN. (2017).

¹³² Falletta, P., Marsano, A. Intelligenza artificiale e protezione dei dati personali: il rapporto tra Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale e GDPR. Rivista italiana di informatica e diritto. Periodico internazionale del CNR-IGSG. P.p. 126-129. (2024).

¹³³ Mökander, J., Juneja, P., Watson, D. S. et al. The US Algorithmic Accountability Act of 2022 vs. The EU Artificial Intelligence Act: what can they learn from each other?. Minds and Machines. P.p. 751-758. (2022).

mantenere il passo con l'evoluzione dell'IA e i cambiamenti nei profili di rischio, compromettendone la gestione efficace.

Nonostante l'intento di essere flessibile e adattabile alle diverse tecnologie di IA, l'approccio basato sul rischio richiede linee guida precise per la categorizzazione del rischio e un meccanismo solido per il monitoraggio e la rivalutazione continua. Senza questi elementi, l'ambiguità nella classificazione dei prodotti di IA potrebbe ostacolare un'efficace attuazione delle norme. L'approccio europeo prevede quindi la creazione di organi regolatori indipendenti per garantire la conformità alle normative. Sebbene ciò garantisca una regolamentazione organica e *standard* chiari, potrebbe soffrire di problemi di adattabilità ed efficienza a causa della complessità normativa e della presenza di numerosi organi regolatori.

Quindi, avendo premesso che l'approccio europeo adottato in materia è di tipo *risk-based*¹³⁴, l'AI Act classifica i sistemi di intelligenza artificiale in quattro categorie¹³⁵:

1. rischio basso o minimo;
2. rischio limitato;
3. rischio elevato;
4. rischio inaccettabile.

Tale classificazione mira a garantire una regolamentazione proporzionata al rischio associato, offrendo una protezione adeguata e promuovendo al contempo l'innovazione responsabile.

¹³⁴ Edwards, L. The EU AI Act: a summary of its significance and scope. Ada Lovelace Institute. (2022).

¹³⁵ Volpato, A. Il ruolo delle norme armonizzate nell'attuazione del regolamento sull'intelligenza artificiale. Quaderni AISDUE. Rivista quadrimestrale. (2024).



136

1. Pratiche di IA vietate per rischio inaccettabile

I sistemi di IA classificati come inaccettabili sono quelli percepiti come una seria minaccia per la sicurezza, i mezzi di sussistenza e i diritti umani. Il titolo II del Regolamento elenca le pratiche proibite, includendo sistemi di IA che contravvengono ai valori fondamentali dell'Unione. Questi divieti si applicano a tecnologie che possono manipolare le persone in modo significativo attraverso tecniche subliminali fuori dalla loro consapevolezza o sfruttare la vulnerabilità di gruppi specifici, come bambini o persone con disabilità, alterando il loro comportamento in modo dannoso sia a livello psicologico che fisico¹³⁷. Nello specifico sono da definirsi vietati:

- l'introduzione, l'attivazione o l'utilizzo di un sistema di intelligenza artificiale che impiega tecniche subliminali mirate a influenzare significativamente il comportamento dell'individuo in modo tale da provocare o poter provocare danni fisici o psicologici a lui o ad altri¹³⁸;
- la commercializzazione, l'attivazione o l'uso di un sistema di intelligenza artificiale che sfrutta le vulnerabilità di un gruppo specifico di persone, a causa

¹³⁶ Immagine consultabile al seguente [link](#).

¹³⁷ Tommasi, S. Intelligenza artificiale: il rischio come opportunità. Rivista IRIS. (2022).

¹³⁸ AI Act. Articolo 5, comma 1, lettera a).

della loro età o disabilità fisica o mentale, per alterare significativamente il comportamento di una persona di quel gruppo, causando o potendo causare danni fisici o psicologici a loro stessi o ad altri¹³⁹;

- la commercializzazione, l'attivazione o l'utilizzo di sistemi di IA, da parte delle autorità pubbliche o per conto loro, per valutare o classificare l'affidabilità delle persone fisiche basandosi sul loro comportamento sociale o su caratteristiche personali note o previste, con un punteggio sociale che comporta.¹⁴⁰
 - il trattamento dannoso o sfavorevole di determinate persone fisiche o di interi gruppi, in contesti sociali estranei a quelli in cui i dati sono stati originariamente generati o raccolti;
 - il trattamento pregiudizievole o sfavorevole di determinate persone fisiche o di interi gruppi, ingiustificato o sproporzionato rispetto al loro comportamento sociale o alla sua gravità.
- l'uso di sistemi di identificazione biometrica remota “in tempo reale” in spazi accessibili al pubblico a fini di contrasto¹⁴¹.

Il Regolamento prevede delle eccezioni, ovvero, l'utilizzo di sistemi di riconoscimento facciale e biometrico da remoto in tempo reale è ammesso in tre situazioni specifiche, previa autorizzazione rilasciata da un'autorità giudiziaria o amministrativa indipendente, che sono caratterizzate da un sostanziale interesse pubblico, ovvero:

- la ricerca di vittime di reati e di persone scomparse;
- la gestione di minacce certe alla vita o alla sicurezza fisica delle persone o di attacchi terroristici;
- la localizzazione o l'identificazione dei presunti autori di una lista specifica di 16 reati;

La regolamentazione è dettagliata ma presenta ambiguità riguardo al concetto di “identificazione” . Vengono vietati i sistemi progettati per identificare nome e cognome

¹³⁹ AI Act. Articolo 5, comma 1, lettera b).

¹⁴⁰ AI Act. Articolo 5, comma 1, lettera c).

¹⁴¹ AI Act. Articolo 5, comma 1, lettera d).

degli individui, mentre molti sistemi biometrici sono utilizzati per il “riconoscimento”, cioè per classificare le persone in gruppi diversi o per analizzare il loro comportamento, ciò crea un problema di *privacy*¹⁴².

2. Sistemi ad alto rischio

Per i sistemi di IA ad alto rischio il Regolamento, all'articolo 6, prevede degli obblighi precauzionali che fornitori e operatori devono adempiere¹⁴³.

Prima di essere introdotti o utilizzati nell'UE, tali sistemi devono superare una rigorosa valutazione di conformità. Tale verifica deve dimostrare il rispetto dei requisiti essenziali per un'IA affidabile, inclusi la qualità dei dati, la trasparenza, la sorveglianza umana e la robustezza cibernetica.

I sistemi di IA ad alto rischio devono essere testati con *dataset* rappresentativi per ridurre i rischi di *bias*, devono inoltre essere tracciabili, con documentazione dettagliata per supportare indagini future. Gli operatori pubblici e privati devono condurre valutazioni d'impatto sui diritti fondamentali prima dell'uso di questi sistemi, identificando rischi specifici e misure di mitigazione.

Per i sistemi che fungono da componenti di sicurezza in prodotti regolati, la conformità deve essere verificata da terzi secondo la legislazione settoriale dell'UE. I fornitori devono implementare sistemi di gestione della qualità e del rischio per mantenere la conformità e ridurre i rischi post-immissione sul mercato.

Le autorità pubbliche che utilizzano sistemi di IA ad alto rischio devono registrarli in una banca dati pubblica dell'UE, garantendo accesso limitato per motivi di sicurezza in determinati casi. Le autorità di vigilanza del mercato monitorano l'immissione sul mercato, gestendo segnalazioni di incidenti o violazioni dei diritti fondamentali. In

¹⁴² Contissa, G., Galli, F., Gordano, F., Sartor, G. Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale. Rivista di Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive e Intelligenza Artificiale. Rivista semestrale online. N. 2. P.p. 17-18. (2021).

¹⁴³ Tommasi, S. Intelligenza artificiale: il rischio come opportunità. Rivista IRIS. (2022).

circostanze eccezionali, le autorità di vigilanza possono autorizzare l'immissione di sistemi di IA ad alto rischio¹⁴⁴.

Tra i sistemi IA che sono stati reputati ad alto rischio rientrano¹⁴⁵:

- i sistemi di identificazione biometrica remota, categorizzazione biometrica e riconoscimento delle emozioni, a meno che non rientrino nelle categorie vietate;
- i sistemi di gestione e operazione di infrastrutture critiche;
- i sistemi finalizzati a determinare l'accesso, l'ammissione o l'assegnazione agli istituti di istruzione e formazione professionale, come ad esempio per valutare i risultati dell'apprendimento, orientare il processo di apprendimento e monitorare i comportamenti disonesti;
- i sistemi relativi alla valutazione dell'occupazione, ottimizzazione della gestione dei lavoratori e accesso al lavoro autonomo, ad esempio per pubblicare annunci di lavoro mirati, analizzare e filtrare le candidature e valutare i candidati;
- i sistemi utilizzati per determinare l'accesso a servizi e prestazioni pubbliche e private essenziali, come l'assistenza sanitaria;
- i sistemi finalizzati alla valutazione dell'affidabilità creditizia delle persone fisiche, alla valutazione dei rischi finanziari e alla determinazione dei prezzi in relazione ad assicurazioni sulla vita e ad assicurazioni sanitarie;
- i sistemi utilizzati in attività di contrasto, gestione della migrazione, asilo e controllo delle frontiere, amministrazione della giustizia, svolgimento dei processi democratici e valutazione e classificazione delle chiamate di emergenza.

¹⁴⁴ Dijck, G. Predicting Recidivism Risk Meets AI Act. *European Journal on Criminal Policy and Research*. P.p. 410-413. (2022).

¹⁴⁵ Camera dei Deputati. Dossier 5 febbraio 2024. N. 26. Il regolamento UE in materia di intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).

3. Rischio limitato

I sistemi di IA a rischio limitato sono quei sistemi che comportano un rischio moderato per la sicurezza e i per i diritti fondamentali delle persone. Sebbene non siano soggetti agli stessi stringenti requisiti dei sistemi ad alto rischio, devono comunque rispettare alcune norme per garantire un uso sicuro e trasparente¹⁴⁶.

Per garantire trasparenza, questi sistemi devono informare chiaramente gli utenti che stanno interagendo con un'intelligenza artificiale. Questo può includere notifiche quando gli utenti comunicano con chatbot o utilizzano sistemi di raccomandazione automatizzati¹⁴⁷. Inoltre, i fornitori di tali sistemi devono mantenere una documentazione dettagliata del loro funzionamento. Questa documentazione deve includere informazioni sui dati utilizzati per addestrare l'algoritmo, le metodologie di test e i risultati delle valutazioni di conformità.

Questa prassi assicura che, in caso di problemi o reclami, sia possibile eseguire un'analisi approfondita per identificare e correggere eventuali malfunzionamenti o inefficienze, garantendo così la sicurezza e la trasparenza dell'uso di IA a rischio limitato.

4. Sistemi a rischio minimo

Per i sistemi di Intelligenza Artificiale a rischio minimo, come i videogiochi o i filtri antispam, il Regolamento non prevede obblighi normativi, ferma restando l'adesione volontaria a codici di condotta¹⁴⁸. Gli utenti devono, in ogni caso, essere informati del fatto che stanno interagendo con un sistema automatizzato.

¹⁴⁶ Dipartimento per il programma di Governo Focus Analisi del quadro normativo in materia di Intelligenza artificiale (D.D.L. IA e Regolamento UE su IA). Disponibile al seguente [link](#).

¹⁴⁷ Artificial intelligence act. Briefing, EU Legislation in Progress. European Parliament. Disponibile al seguente [link](#).

¹⁴⁸ Casonato, C. Marchetti, B. Prime osservazioni sulla proposta di regolamento dell'Unione Europea in materia di intelligenza artificiale. BioLaw Journal. P.p. 9-11. (2021).

2.1.3 Architettura di governance

Il Regolamento stabilisce che sia compito di ciascuno Stato membro designare una o più autorità nazionali competenti per la supervisione dell'applicazione e l'attuazione delle norme introdotte. A livello europeo sarà istituito un Ufficio per l'Intelligenza Artificiale all'interno della Commissione, incaricato di supervisionare i modelli di Intelligenza Artificiale più avanzati, contribuire a promuoverne norme e pratiche di prova e garantire il rispetto delle norme comuni negli Stati membri¹⁴⁹. Sarà inoltre formato un Gruppo Scientifico composto da esperti indipendenti che fornirà consulenza all'Ufficio sui modelli di IA per finalità generali¹⁵⁰. Tale gruppo è composto da esperti selezionati dalla Commissione sulla base di competenze scientifiche o tecniche aggiornate nel settore dell'IA e fornirà consulenza e sostegno all'Ufficio IA.

Verrà altresì istituito il Consiglio per l'IA Europeo¹⁵¹, composto da un rappresentante per ogni Stato membro (designato per un periodo di tre anni e rinnovabile una volta) e dal Garante Europeo della protezione dei dati, il quale partecipa come osservatore¹⁵². Anche l'Ufficio per l'IA partecipa alle riunioni del Consiglio per l'IA, senza però avere la facoltà di votare. Altre autorità, organismi o esperti nazionali e dell'Unione possono essere invitati alle riunioni del Consiglio per l'IA, qualora le questioni discusse siano di loro competenza. I rappresentanti designati dagli Stati membri adottano il Regolamento interno del Consiglio per l'IA con una maggioranza di due terzi. Questo Regolamento interno definisce le procedure per il processo di selezione, la durata del mandato, i compiti specifici del presidente, le modalità di voto e l'organizzazione delle attività del Consiglio per l'IA e dei suoi sottogruppi.

Il Consiglio per l'IA, presieduto da uno dei rappresentanti degli Stati membri, istituisce due sottogruppi permanenti per fornire una piattaforma di cooperazione e

¹⁴⁹ Cancela Outeda, C. The EU's AI act: A framework for collaborative governance. Elsevier. Internet of Things. Volume 27. Pp. 7-9. (2024).

¹⁵⁰ AI Act. Articolo 68 "*Gruppo di esperti scientifici indipendenti*".

¹⁵¹ AI Act. Articolo 65 "*Istituzione e struttura del consiglio per l'IA europeo per l'intelligenza artificiale*".

¹⁵² AI Act. Articolo 65 "*Istituzione e struttura del consiglio per l'IA europeo per l'intelligenza artificiale*".

scambio tra le autorità di vigilanza del mercato e per notificare le autorità su questioni relative alla vigilanza del mercato.

Il Consiglio avrà il compito di fornire consulenza e assistenza alla Commissione Europea¹⁵³, giocando un ruolo di primaria importanza nel facilitare la cooperazione tra le autorità nazionali di controllo e la Commissione, coordinando orientamenti e analisi sulle questioni emergenti nel mercato interno e garantendo l'applicazione uniforme del Regolamento.

I compiti del Consiglio includono la raccolta e la condivisione di conoscenze e migliori pratiche tra gli Stati membri, la promozione dell'uniformità delle pratiche amministrative e la formulazione di pareri e raccomandazioni su varie questioni, come le specifiche tecniche, l'uso delle norme armonizzate e la preparazione di documenti di orientamento. Questo sistema mira a garantire una gestione coerente e coordinata dell'intelligenza artificiale nell'Unione Europea¹⁵⁴.

Infine, sarà istituito un forum consultivo¹⁵⁵ per i portatori di interesse, come rappresentanti dell'industria, piccole e medie imprese (PMI), *start-up*, società civile e mondo accademico. La composizione del forum è bilanciata tra portatori di interessi commerciali e non. Tale forum fornirà consulenza e competenze tecniche al Consiglio per l'IA e alla Commissione ed avrà la facoltà di istituire sottogruppi permanenti o temporanei, se necessario, per esaminare questioni specifiche connesse agli obiettivi del presente regolamento.

2.1.4 Sanzioni

Il Regolamento determina le soglie delle sanzioni per le violazioni in base a una percentuale del fatturato annuo globale dell'anno finanziario precedente della società incriminata o a un importo predeterminato. Le istituzioni, agenzie o organismi dell'Unione Europea non saranno esentati dalle disposizioni del Regolamento, il Garante

¹⁵³ AI Act. Articolo 66 “*Compiti del Consiglio per l'IA*”.

¹⁵⁴ Ibidem.

¹⁵⁵ AI Act. Articolo 67 “*Forum consultivo*”.

Europeo della protezione dei dati avrà, infatti, l'autorità di infliggere loro sanzioni pecuniarie¹⁵⁶. Gli Stati membri dovranno stabilire le sanzioni effettive sulla base delle seguenti soglie:

- fino a 35 milioni di euro o al 7% del fatturato per violazioni relative a pratiche vietate o per l'inosservanza di requisiti in materia di dati;
- fino a 15 milioni di euro o al 3% del fatturato per l'inosservanza di qualsiasi altro requisito o obbligo del Regolamento, inclusa la violazione delle regole relative ai modelli di IA soggetti a rischi sistemici;
- fino a 7,5 milioni di euro o all'1,5% del fatturato per la fornitura di informazioni inesatte, incomplete o fuorvianti agli organismi notificati e alle autorità nazionali competenti.

Per ciascuna categoria di violazione, la soglia da considerarsi per le piccole e medie imprese (PMI) è quella con l'importo più basso, mentre per le altre imprese è l'importo più elevato.

Nel decidere se infliggere o meno una sanzione amministrativa pecuniaria e nel determinarne l'importo esatto da pagare, si considerano tutte le circostanze pertinenti della situazione specifica. In particolare, si tiene conto di:

- la natura, gravità, durata della violazione e le sue conseguenze, inclusi il numero di persone coinvolte e il danno subito;
- se altre autorità hanno già sanzionato l'operatore per la stessa violazione;
- se l'operatore è stato sanzionato per violazioni simili da altre autorità;
- le dimensioni, il fatturato annuo e la quota di mercato dell'operatore;
- altri fattori aggravanti o attenuanti, come benefici finanziari ottenuti o perdite evitate;
- il grado di cooperazione con le autorità per risolvere la violazione;
- il livello di responsabilità dell'operatore e le misure adottate;
- come le autorità sono venute a conoscenza della violazione, incluso se è stata auto-segnalata dall'operatore;

¹⁵⁶ AI Act. Articolo 99 “Sanzioni”.

- la natura intenzionale o negligente della violazione;
- le azioni intraprese dall'operatore per ridurre il danno alle persone interessate.

2.1.5 Misure attuative

Nel Regolamento sono previste diverse misure di attuazione, le quali, sia per definire aspetti specifici che per aggiornare la normativa in base alle evoluzioni tecnologiche e al contesto, dovranno essere adottate dalla Commissione Europea tramite atti delegati ed esecutivi. In particolare:

- tramite atti delegati, può essere aggiornata la soglia FLOP (velocità con cui un computer può elaborare e risolvere compiti complessi), e possono essere inseriti i criteri aggiuntivi per classificare i modelli di IA per finalità generali come modelli che presentano rischi sistemici;
- tramite atti esecutivi, sarà possibile modificare le modalità per istituire gli spazi di sperimentazione normativa e gli elementi del piano di prova in condizioni reali.

Inoltre, il Regolamento demanda alla Commissione l'elaborazione di linee guida sull'attuazione pratica di diversi aspetti della disciplina, in cui deve essere prestata particolare attenzione alle esigenze delle PMI, comprese le *start-up*. In particolare, le suddette linee guida potranno riguardare i seguenti ambiti:

- l'applicazione dei requisiti e degli obblighi per i sistemi ad alto rischio e in materia di responsabilità lungo la catena del valore dell'IA;
- le pratiche di IA vietate;
- l'attuazione pratica delle disposizioni relative alla modifica sostanziale;
- l'attuazione pratica degli obblighi di trasparenza;
- i rapporti tra il Regolamento e altre determinate legislazioni e pertinenti normative dell'Unione, anche per quanto riguarda la coerenza della loro applicazione;
- l'applicazione della definizione di sistema di IA.

2.1.6 Tempistiche

Il Regolamento, pubblicato nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea il 12 luglio 2024, è entrato in vigore negli Stati membri venti giorni dopo la sua pubblicazione, quindi il 2 agosto 2024, mentre l'applicazione delle disposizioni avverrà in modo graduale:

- 6 mesi dopo l'entrata in vigore del Regolamento, 2 febbraio 2025, saranno applicabili i divieti relativi a pratiche vietate;
- 12 mesi dopo l'entrata in vigore del Regolamento, 2 agosto 2025, diventeranno applicabili gli obblighi relativi alla *governance* dei sistemi di IA per finalità generali;
- 24 mesi dopo l'entrata in vigore del Regolamento, 2 agosto 2026, saranno applicabili tutte le norme sui sistemi di IA;
- 36 mesi dopo l'entrata in vigore del regolamento, 2 agosto 2027, saranno applicabili gli obblighi per i sistemi ad alto rischio.



157

2.2 Lavori del Parlamento italiano circa l'intelligenza artificiale

A ridosso della pubblicazione dell'AI Act nella Gazzetta Ufficiale dell'Unione Europea e delle prime audizioni in Senato per il Disegno di Legge sull'intelligenza artificiale, è stata resa disponibile la Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale 2024-2026¹⁵⁸. Tale documento, elaborato da un Comitato di esperti, mira a supportare il Governo nella creazione di una normativa nazionale e nella definizione di strategie legate all'IA.

Il Comitato, presieduto da Professor Gianluigi Greco dell'Università della Calabria e presidente di AIxIA, è formato da quattordici figure di spicco nel campo dell'IA, tra cui Viviana Acquaviva, Paolo Benanti, Guido Boella, e molti altri. Questi esperti hanno studiato l'impatto dell'intelligenza artificiale e hanno stilato un piano strategico per guidare lo sviluppo dell'IA in Italia in modo etico e inclusivo.

¹⁵⁷ Immagine consultabile al seguente [link](#).

¹⁵⁸ Strategia italiana per l'intelligenza artificiale 2024-2026. Dipartimento per la trasformazione digitale. Agenzia per l'Italia Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).

La strategia italiana per l'Intelligenza Artificiale rappresenta un passo decisivo per l'Italia, la quale ambisce a posizionarsi come *leader* nella transizione tecnologica e nello sviluppo dell'IA, anche grazie al ruolo di presidenza italiana del G7. Il documento mostra l'impegno del Governo a creare un contesto in cui l'IA possa evolversi in modo sicuro, etico e inclusivo, massimizzando i benefici e riducendo al minimo i rischi.

Il testo è organizzato in quattro aree principali: Ricerca, Pubblica Amministrazione, Imprese e Formazione, e prevede un sistema di monitoraggio per l'attuazione delle politiche e un'analisi del contesto normativo. Il Comitato ha ricevuto supporto dalla Segreteria Tecnica presso l'Agenzia per l'Italia Digitale (AgID), la quale ha facilitato l'organizzazione delle attività e la redazione del documento. Il Sottosegretario alla Presidenza del Consiglio con delega all'innovazione, Alessio Butti, ha sottolineato che la Strategia Italiana per l'Intelligenza Artificiale 2024-2026 è fondamentale per definire una normativa nazionale e delle politiche sull'IA chiare, dimostrando così la determinazione dell'Italia nel guidare questo sviluppo in modo sicuro.

Mario Nobile, Direttore Generale di AgID, ha messo in evidenza il ruolo di primo piano che le università e la ricerca italiana rivestono a livello mondiale, sottolineando l'importanza di stabilire regole chiare per lo sviluppo dell'IA e per garantire un futuro prospero. Inoltre, ha evidenziato che le università italiane, classificate al settimo posto nel mondo, insieme a imprese altamente competitive, rappresentano una base solida per lo sviluppo dell'IA nel nostro Paese.

L'intelligenza artificiale è stata un tema portante nei primi incontri del G7, infatti, nel corso delle recenti riunioni, i Paesi membri si sono impegnati a lavorare su sistemi di IA interoperabili per il pubblico, stabilendo regole comuni per i sistemi digitali governativi, creando un centro per lo sviluppo delle competenze nelle economie emergenti e promuovendo un codice di condotta condiviso.

La strategia include anche la proposta di sviluppo di grandi modelli linguistici (LLM) per l'addestramento di strumenti di IA, con particolare riguardo ai settori in cui l'Italia ha un vantaggio competitivo. Per ciò che concerne le imprese, si propone di creare un ecosistema di facilitatori per l'IA nelle PMI e di istituire una rete di laboratori per lo sviluppo di applicazioni industriali. Inoltre, è previsto il sostegno alle *start-up* con un fondo specifico gestito da Cassa Depositi e Prestiti.

Al fine di massimizzare le potenzialità dell'IA, la strategia promuove la costruzione di un ambiente collaborativo tra imprese e università, incentivando la formazione di specialisti in intelligenza artificiale e sostenendo progetti innovativi.

In Italia, la Camera dei Deputati, il Senato della Repubblica e il Consiglio dei Ministri sono attivamente impegnati nella regolamentazione e promozione dell'intelligenza artificiale, con l'obiettivo di garantire un utilizzo sicuro, etico e inclusivo di questa tecnologia. Le due Camere del Parlamento italiano sono attualmente coinvolte nell'esame di proposte legislative e strategie in materia.

a) DdL di natura governativa

Tra i provvedimenti maggiormente attenzionati dalle istituzioni italiane vi è il Disegno di Legge “*Disposizioni e delega al Governo in materia di intelligenza artificiale*”¹⁵⁹, approvato dal Consiglio dei Ministri in data 23 aprile 2024¹⁶⁰, su proposta del Presidente del Consiglio, Giorgia Meloni, e del Ministro della Giustizia, Carlo Nordio.

Dopo essere stato approvato, è stato assegnato, in sede referente, alle Commissioni riunite “Ambiente” e “Affari Sociali” del Senato per l'avvio dell'esame in prima lettura.

In data 11 giugno, le Commissioni riunite “Ambiente” e “Affari Sociali” del Senato hanno avviato l'esame del DdL governativo sull'IA, con l'illustrazione dei contenuti del provvedimento da parte dei Relatori: Senatrice Tilde Minasi¹⁶¹ della Lega, membro delle due Commissioni permanenti “Ambiente” e “Affari Sociali” e del Senatore Rosa¹⁶², di Fratelli d'Italia e membro della Commissione permanente “Ambiente”.

Il DdL stabilisce i criteri normativi volti a bilanciare le opportunità offerte dalle nuove tecnologie con i rischi associati all'utilizzo improprio, alla loro mancata valorizzazione o al loro impiego nocivo. Inoltre, introduce i principi generali e i

¹⁵⁹ Atto Senato n. 1146.

¹⁶⁰ Comunicato stampa del Consiglio dei Ministri n.78. Consultabile al seguente [link](#).

¹⁶¹ Scheda della Senatrice Tilde Minasi. Consultabile al seguente [link](#).

¹⁶² Scheda del Senatore Gianni Rosa. Consultabile al seguente [link](#).

regolamenti settoriali che, da una parte, incentivano l'uso delle tecnologie per migliorare la qualità della vita dei cittadini e rafforzare la coesione sociale e, dall'altra, offrono soluzioni per la gestione dei rischi basate su un approccio antropocentrico. In tale contesto, il DdL non si sovrappone al Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale approvato dal Parlamento Europeo lo scorso 13 marzo, ma ne integra il quadro normativo nelle aree di competenza nazionale.

Le disposizioni riguardano cinque ambiti principali:

- strategia nazionale;
- autorità competenti a livello nazionale;
- iniziative promozionali;
- protezione del diritto d'autore;
- sanzioni penali.

È inoltre prevista una delega al Governo per allineare la normativa nazionale al Regolamento UE in temi come l'educazione dei cittadini sull'IA (sia nei percorsi scolastici che universitari) e la formazione fornita dagli ordini professionali per i lavoratori del settore.

Sono tre gli articoli del Disegno di legge che trattano l'applicazione dell'intelligenza artificiale in ambito sanitario, in particolare gli articoli 7,8 e 9, i quali affrontano tre questioni principali:

- **Accessibilità e intelligenza artificiale in ambito sanitario e di disabilità:** l'utilizzo dell'intelligenza artificiale non può in alcun modo selezionare e condizionare l'accesso alle prestazioni sanitarie con criteri discriminatori. In tal senso, risulta prioritario il diritto dell'interessato ad essere informato circa l'utilizzo di tali tecnologie. Si promuove la diffusione dei sistemi di IA finalizzati all'inclusione, al miglioramento delle condizioni di vita e all'accessibilità delle persone con disabilità. L'utilizzo dei sistemi di IA in ambito sanitario deve lasciare impregiudicata la spettanza della decisione alla professione medica.
- **Ricerca e sperimentazione scientifica nella realizzazione di sistemi di IA in ambito sanitario:** i trattamenti di dati, anche personali, eseguiti da soggetti pubblici e privati senza scopo di lucro per la ricerca e la sperimentazione

scientifica nella realizzazione di sistemi di intelligenza artificiale per finalità terapeutica e farmacologica, sono dichiarati di rilevante interesse pubblico.

- **Disposizioni in materia di fascicolo sanitario elettronico:** si istituisce una piattaforma di intelligenza artificiale per il supporto alle finalità di cura e, in particolare, per l'assistenza territoriale.

b) DdL Parlamentare

Un altro provvedimento in materia in esame al Parlamento è il Disegno di Legge *“Disposizioni concernenti l'adozione di una disciplina temporanea per la sperimentazione dell'impiego di sistemi di intelligenza artificiale”*¹⁶³, presentato l'11 aprile 2023 dal Deputato Giulio Centemero, esponente della Lega e membro della Commissione permanente “Finanze”. Il Ddl è stato assegnato alle Commissioni Riunite della Camera dei Deputati “Attività produttive” e “Trasporti”.

Il provvedimento, composto da due articoli, ha come finalità (Articolo 1) la creazione di uno spazio tecnico-normativo, sperimentale e temporaneo (c.d. *sandbox*) per i soggetti che utilizzano sistemi di intelligenza artificiale. Tale strumento è volto a sviluppare, sperimentare e collaudare tecnologie innovative per un periodo limitato di tempo, con lo scopo di promuovere l'innovazione da parte delle imprese coinvolte e, più in generale, lo sviluppo dell'intelligenza artificiale e la sua adozione.

L'articolo 2 *“Sperimentazione relativa all'impiego di sistemi di intelligenza artificiale”* si compone di otto commi e reca norme per la sperimentazione dell'impiego di sistemi di intelligenza artificiale in taluni settori - quali industriale e manifatturiero, educativo, agroalimentare, culturale e turistico, sanitario, ambientale, infrastrutturale e delle reti, bancario, finanziario e assicurativo, amministrativo, urbanistico, sicurezza nazionale e informatico - demandando ad uno o più regolamenti le condizioni e le modalità di svolgimento della sperimentazione.

- I commi 1-6 recano norme per la sperimentazione dell'impiego di sistemi di intelligenza artificiale pressoché identiche, salvo che per taluni aspetti relativi al procedimento di adozione della normativa secondaria.

¹⁶³ Atto Camera n. 1084.

- Il comma 7 prevede inoltre l'istituzione, presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, di un Comitato permanente per l'intelligenza artificiale, incaricato di individuare gli obiettivi, definire i programmi e agire per favorire lo sviluppo dei sistemi di intelligenza artificiale.

Tuttavia, nonostante si sia fatto riferimento a un solo Disegno di Legge, le due Camere stanno attualmente esaminando diversi provvedimenti in materia. Alcuni di questi sono già in discussione presso le Commissioni competenti, mentre altri sono stati solo presentati e devono ancora essere calendarizzati per la trattazione.

2.3 Impatto dell'AI Act in ambito sanitario

Il Regolamento dell'Unione Europea che disciplina l'uso dell'Intelligenza Artificiale comprende delle specifiche anche per il settore sanitario. Tale quadro normativo si sta rivelando estremamente influente per ospedali, aziende sanitarie e professionisti del settore, poiché guida le loro pratiche nella gestione e nell'implementazione delle tecnologie di intelligenza artificiale. L'AI Act richiede una rigorosa conformità alle nuove regolazioni incidendo profondamente sui modi in cui le organizzazioni sanitarie operano e trattano le informazioni.

L'AI Act riconosce l'estrema sensibilità dei dati sanitari, pertanto, il Regolamento prevede criteri severi per la raccolta, il trattamento e l'uso di tali dati nei sistemi di intelligenza artificiale¹⁶⁴. Tra le disposizioni principali vi è il principio di minimizzazione dei dati, il quale stabilisce che solo la quantità minima di dati personali necessaria per raggiungere scopi specifici può essere raccolta e utilizzata. Questo principio è fondamentale per assicurare che le informazioni sensibili dei pazienti siano trattate in modo sicuro e responsabile, garantendo quindi, *privacy* e integrità¹⁶⁵. Le organizzazioni

¹⁶⁴ Hansen, M. M., Miron-Shatz, T., Lau, A. Y., Paton, C. Big Data in Science and Healthcare: A Review of Recent Literature and Perspectives. Contribution of the IMIA Social Media Working Group. (2014).

¹⁶⁵ Guarda, P., Petrucci, L. Quando l'intelligenza artificiale parla: assistenti vocali e sanità digitale alla luce del nuovo regolamento generale in materia di protezione dei dati. Rivista di Biodiritto Volume. 2. P.p. 425-446. (2020).

devono implementare misure rigorose per limitare l'accesso ai dati e prevenire qualsiasi uso improprio.

Per le aziende sanitarie e i professionisti del settore, l'AI Act impone restrizioni severe sulla raccolta e sul trattamento dei dati sanitari, limitandoli esclusivamente agli scopi essenziali, come diagnosi, cura o ricerca medica. È imperativo ottenere il consenso informato dei pazienti, i quali devono essere completamente consapevoli dell'uso dei loro dati. Questo processo di consenso deve essere chiaro, trasparente e documentato, garantendo che i pazienti comprendano pienamente come i loro dati saranno utilizzati e protetti.

Inoltre, l'AI Act ha un impatto rilevante sui dispositivi medici che integrano *software* di intelligenza artificiale, imponendo alle aziende l'obbligo di assicurare che tali dispositivi siano conformi alle normative vigenti, rispettando *standard* elevati di sicurezza e protezione dei dati.

Le organizzazioni sono obbligate a fornire una descrizione chiara e completa circa il funzionamento dei sistemi di intelligenza artificiale che utilizzano, inclusa una spiegazione dettagliata della logica decisionale e dei criteri specifici adottati¹⁶⁶. Questa trasparenza è fondamentale per garantire che i pazienti e gli operatori sanitari comprendano esattamente come vengono elaborate le informazioni e come vengono prese le decisioni basate sull'IA.

L'AI Act ha anche un impatto significativo sullo sviluppo e sull'adozione delle tecnologie *cloud* nel settore sanitario. La migrazione al *cloud* rappresenta un'opportunità significativa per le organizzazioni sanitarie, consentendo una riduzione dei costi associati alla gestione dell'infrastruttura IT e un aumento della flessibilità operativa. Tuttavia, questa transizione comporta anche rischi legati alla sicurezza dei dati e alla conformità normativa. Le organizzazioni devono garantire che i dati sensibili dei pazienti siano adeguatamente protetti e trattati in conformità con le leggi sulla *privacy*. Ciò implica l'implementazione di misure di sicurezza avanzate, come la crittografia dei dati, sistemi di autenticazione robusti e protocolli di accesso rigorosi, per prevenire accessi non autorizzati, perdite o usi impropri delle informazioni.

¹⁶⁶ Cirone, E. L'AI Act e l'obiettivo (mancato?) di promuovere uno standard globale per la tutela dei diritti fondamentali. Quaderni AISDUE - Rivista quadrimestrale. Fascicolo speciale N. 2. La nuova disciplina UE sull'intelligenza artificiale. (2024).

Inoltre, è essenziale selezionare fornitori di servizi *cloud* che rispettino gli standard normativi, come il GDPR, e che offrano garanzie adeguate sulla sicurezza dei dati. La conformità alle normative non solo è una questione di legalità, ma è anche fondamentale per mantenere la fiducia dei pazienti e garantire la continuità operativa.

La migrazione al *cloud* può anche esporre le organizzazioni sanitarie a nuovi tipi di minacce informatiche come attacchi di *phishing*¹⁶⁷, *malware*¹⁶⁸ o *ransomware*¹⁶⁹. Pertanto, è importante adottare un approccio proattivo alla gestione del rischio, investendo in soluzioni di sicurezza informatica avanzate e formando il personale sulle migliori pratiche per la protezione dei dati. La transizione al *cloud* richiede una pianificazione attenta e una valutazione approfondita delle esigenze specifiche di ogni organizzazione, che potrebbe comportare ulteriori investimenti in termini di tempo e risorse. Tuttavia, se gestita correttamente, questa transizione può offrire significativi vantaggi in termini di efficienza operativa, sicurezza e innovazione tecnologica, contribuendo a migliorare la qualità delle cure e l'accessibilità dei servizi sanitari.

Al fine di prevedere e valutare l'impatto che l'intelligenza artificiale avrebbe apportato al settore sanitario, l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) si è espressa in materia.

L'OMS svolge un ruolo di primaria importanza nella definizione di politiche globali sulla salute pubblica. In linea con questa missione, ha sviluppato linee guida specifiche per l'uso dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario¹⁷⁰. Queste sono essenziali per assicurare che l'IA rispetti più elevati standard di qualità, trasparenza e

¹⁶⁷ Frode informatica finalizzata all'ottenimento di dati personali sensibili (password, numero di carta di credito ecc.) e perpetrata attraverso l'invio di un messaggio di posta elettronica a nome di istituti di credito, finanziarie, agenzie assicurative, in cui si invita l'utente, generalmente al fine di derubarlo, a comunicare tali informazioni riservate. Definizione da Enciclopedia Treccani, consultabile al seguente [link](#).

¹⁶⁸ Software che, una volta eseguito, danneggia il funzionamento e la sicurezza del sistema operativo. Sempre più diffusi, i malware si trasmettono via internet; spesso tramite la posta elettronica, ma anche attraverso la semplice navigazione. Tra le categorie più diffuse si ricordano virus, trojan horse, keylogger, worm e backdoor. Definizione da Enciclopedia Treccani, consultabile al seguente [link](#).

¹⁶⁹ Programma maligno che limita o impedisce l'accesso al dispositivo sul quale si installa a insaputa dell'utente, richiedendo un riscatto da pagare per ripristinare l'uso normale del dispositivo. Definizione da Enciclopedia Treccani, consultabile al seguente [link](#).

¹⁷⁰ Regulatory considerations on artificial intelligence for health. World Health Organization. Consultabile al seguente [link](#).

protezione dei dati, salvaguardando i diritti dei pazienti e promuovendo la fiducia nel sistema sanitario.

Per affrontare le sfide legate all'adozione dell'IA e garantirne un impiego sicuro ed efficace, l'OMS ha identificato sei aree chiave che devono essere prese in considerazione nella regolamentazione di queste tecnologie:

- **documentazione e trasparenza:** per promuovere la fiducia è essenziale garantire la trasparenza e una completa documentazione monitorando l'intero ciclo di vita del prodotto e i processi di sviluppo;
- **gestione del rischio e approccio al ciclo di vita dei sistemi di IA:** la gestione del rischio richiede un'attenzione particolare a fattori come l'uso previsto, l'apprendimento continuo, l'intervento umano, i modelli di addestramento e la sicurezza informatica, adottando modelli il più possibile semplici;
- **uso previsto e validazione clinica e analitica:** la validazione esterna dei dati e una chiara definizione dell'uso previsto dell'IA sono fondamentali per garantire la sicurezza e agevolare la regolamentazione;
- **qualità dei dati:** garantire l'alta qualità dei dati, attraverso rigorose valutazioni dei sistemi prima della loro implementazione, è fondamentale per evitare l'amplificazione di *bias* ed errori;
- **privacy e protezione dei dati:** le sfide poste da normative complesse, come il GDPR in Europa e l'HIPAA negli Stati Uniti, richiedono una particolare attenzione alla giurisdizione e ai requisiti di consenso per tutelare la *privacy* e la protezione dei dati;
- **coinvolgimento e collaborazione:** promuovere la collaborazione tra regolatori, pazienti, operatori sanitari, rappresentanti del settore e *partner* governativi è essenziale per assicurare la conformità dei prodotti e servizi alle normative lungo tutto il loro ciclo di vita.

Topic Area No.	Topic Area Name
Topic Area 1	Documentation and transparency
Topic Area 2	Risk management and AI systems development lifecycle approaches
Topic Area 3	Intended use and analytical and clinical validation
Topic Area 4	Data quality
Topic Area 5	Privacy and data protection
Topic Area 6	Engagement and collaboration

171

2.4 Intelligenza artificiale e Servizio Sanitario Nazionale

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nel Servizio Sanitario Nazionale (SSN) italiano rappresenta un'importante rivoluzione tecnologica, con impatti significativi su molteplici aspetti del settore sanitario. Il Disegno di Legge italiano relativo all'IA, recentemente elaborato, si concentra in modo particolare sull'ambito sanitario, ponendo un forte accento sull'accessibilità e l'inclusione, specialmente per le persone con disabilità. L'obiettivo principale è garantire che tutti i cittadini possano accedere ai servizi sanitari senza discriminazioni basate su condizioni fisiche o cognitive, attraverso lo sviluppo di soluzioni tecnologiche avanzate e inclusive.

Inoltre, il Disegno di Legge sottolinea la salvaguardia del ruolo decisionale del personale medico. Sebbene l'intelligenza artificiale possa offrire supporto nella diagnosi e nel trattamento, deve integrare e non sostituire l'esperienza e le competenze dei medici. L'IA deve essere uno strumento a servizio dei professionisti sanitari, che rimangono i principali responsabili delle decisioni cliniche. Questa distinzione è di primaria

¹⁷¹ Ivi. P.22.

importanza per mantenere la fiducia nel sistema sanitario e garantire che le decisioni più importanti siano prese da persone qualificate e non da algoritmi.

Il Disegno di Legge italiano evidenzia anche l'importanza della ricerca scientifica e della sperimentazione nel campo dell'IA, con un focus particolare sugli sviluppi terapeutici e farmacologici. Il progresso in queste aree è considerato fondamentale per migliorare le cure mediche e sviluppare nuove terapie ma deve essere effettuato secondo rigorosi *standard* etici e normativi. Le attività di ricerca devono essere orientate non solo all'innovazione, ma anche alla sicurezza e all'efficacia, assicurando che i nuovi strumenti e trattamenti basati sull'IA siano sicuri e benefici per i pazienti.

L'adozione dell'IA nel SSN è anche strettamente legata al Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)¹⁷² dell'Italia, che destina una parte significativa delle sue risorse all'innovazione e alla digitalizzazione del settore sanitario.¹⁷³ Tra le priorità vi è l'ammodernamento tecnologico degli ospedali, che include la sostituzione di attrezzature obsolete e la digitalizzazione dei processi clinico-assistenziali. L'IA gioca un ruolo chiave in questo contesto, migliorando la diagnostica e la gestione delle informazioni sanitarie, con un investimento per l'innovazione tecnologica e la *cybersecurity*.

Un altro elemento chiave è il potenziamento del Fascicolo Sanitario Elettronico (FSE), che sarà integrato con strumenti avanzati, come l'IA, per migliorare la raccolta e l'analisi dei dati sanitari a livello centrale e regionale. Questo permetterà di creare un sistema sanitario più connesso e personalizzato, in grado di rispondere meglio alle esigenze dei cittadini.

Il PNRR, inoltre, promuove l'utilizzo dell'IA in ambiti come la telemedicina e la gestione delle liste d'attesa, rendendo possibile un'assistenza sanitaria più accessibile ed efficiente.

¹⁷² La struttura del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), adottato durante la pandemia Sars-Cov2, si articola in 6 Missioni, suddivise in 16 componenti, a loro volta spartite in 48 linee di intervento tra investimenti e riforme. La sesta missione del piano è dedicata al settore sanità.

¹⁷³ Fiordelisi, M. DM77: i nuovi modelli territoriali, digital health e domiciliarità delle cure alla luce del PNRR. Reportage XLIII Congresso Nazionale SIFO – Main session. (2022).

La telemedicina, che combina la medicina con la telematica e le tecnologie di comunicazione, ha visto una crescita esponenziale durante la pandemia di Covid-19, trasformandosi in un pilastro della medicina moderna. Thomas Bird, negli anni '60, definiva la telemedicina come la pratica medica senza contatto fisico diretto, utilizzando sistemi di comunicazione multimediale¹⁷⁴. Con l'IA, la telemedicina può evolvere ulteriormente, facilitando la comunicazione a distanza tra medici e pazienti e ottimizzando i servizi sanitari.

Nonostante i progressi, la telemedicina in Italia ha incontrato diverse sfide, inclusa una diffusione lenta prima della pandemia. Tuttavia, la crisi sanitaria globale ha accelerato l'adozione di queste tecnologie, spingendo verso un modello di assistenza sanitaria più centrato sul paziente e supportato dalla tecnologia. Questo nuovo paradigma richiede una formazione continua del personale sanitario per garantire che l'uso delle nuove tecnologie sia efficace e sicuro.

In sintesi, l'integrazione dell'IA nel SSN italiano, supportata da normative specifiche e dal PNRR, rappresenta un passo avanti verso un sistema sanitario più moderno, efficiente e inclusivo. La combinazione di innovazione tecnologica e il rispetto per l'autonomia dei professionisti sanitari, promette di migliorare la qualità delle cure senza compromettere la sicurezza dei pazienti o la *privacy* dei dati sensibili.

¹⁷⁴ Bashshur L., Reardon T., Shannon, G. W. Telemedicine: a new health care delivery system. Ann. Rev. Public Health. Volume 21. P.p. 613-637. (2000).

Capitolo terzo - Implementazione dell'Intelligenza Artificiale nel settore Sanitario

L'intelligenza artificiale sta emergendo come un catalizzatore fondamentale nel trasformare il settore sanitario, offrendo soluzioni innovative che ridefiniscono il modo in cui le cure vengono fornite e gestite. Questo capitolo esplorerà come l'IA stia penetrando nelle diverse sfere della sanità, dalla diagnosi e cura del paziente alla gestione e ricerca, evidenziando le sue potenzialità, le applicazioni concrete e le sfide emergenti.

Nel contesto della Sanità 4.0 e dell'Assistenza Sanitaria 4.0, l'IA si integra in un ecosistema sempre più interconnesso e tecnologicamente avanzato. Questo ambiente digitale consente una raccolta e analisi dei dati in tempo reale, migliorando l'efficienza e la precisione delle cure, attraverso una gestione più integrata delle informazioni sui pazienti. Questa trasformazione verso un modello più avanzato non solo ottimizza le risorse e i processi, ma promette anche di personalizzare e migliorare l'accesso alle terapie per i pazienti.

L'applicazione dell'IA nella diagnostica ha aperto nuove strade per la precisione e la rapidità nell'identificazione delle malattie. Gli algoritmi di intelligenza artificiale, capaci di elaborare e analizzare enormi volumi di dati medici e immagini diagnostiche, offrono ai medici strumenti potenti per una diagnosi più accurata e tempestiva. Questo avanzamento è fondamentale non solo per la rilevazione precoce delle patologie, ma anche per la formulazione di piani di trattamento più mirati.

Nel campo della cura del paziente, l'IA sta rivoluzionando la predizione degli esiti clinici e il supporto decisionale. Gli strumenti di IA sono in grado di analizzare dati storici e attuali per prevedere le risposte ai trattamenti e assistere i medici nelle decisioni in tempo reale. Questa capacità di elaborare e interpretare le informazioni consente una gestione più precisa delle cure, contribuendo a una personalizzazione senza precedenti dei trattamenti.

Inoltre, l'ottimizzazione della somministrazione delle cure attraverso l'IA rappresenta un passo in avanti significativo nella gestione dei pazienti. L'intelligenza artificiale aiuta a garantire che le terapie siano somministrate con la giusta dose e tempistica, migliorando così l'efficacia e riducendo il rischio di errori.

Un aspetto innovativo dell'IA è la sua applicazione nell'erogazione delle cure in contesti remoti. Grazie alla telemedicina l'IA permette il monitoraggio continuo dei pazienti e la fornitura di assistenza a distanza, rendendo le cure più accessibili e flessibili, soprattutto per le persone che vivono in aree remote o hanno difficoltà a recarsi fisicamente in ospedale.

Il capitolo non si limita a esplorare i benefici dell'IA, ma affronta anche le sfide e i rischi associati alla sua implementazione. Le implicazioni per il rapporto medico-paziente, il potenziale di sostituzione del lavoro umano e le questioni di responsabilità medica sono tematiche di primaria importanza che devono essere considerate attentamente. È essenziale che l'adozione dell'IA avvenga con una consapevolezza critica, garantendo che i benefici tecnologici siano equilibrati con la tutela dell'etica e della sicurezza.

3.1 Sanità 4.0 e Assistenza Sanitaria 4.0

L'intelligenza artificiale sta trasformando profondamente il settore sanitario, segnando l'inizio di una nuova era, caratterizzata da innovazioni radicali e opportunità senza precedenti¹⁷⁵. Questa tecnologia avanzata sta ridefinendo il modo in cui vengono erogate le cure, gestiti i dati e migliorati i risultati dei pazienti. Grazie alla capacità di analizzare enormi quantità di dati con velocità e precisione ineguagliabili, l'IA sta cambiando il volto della medicina moderna, rendendo le pratiche cliniche più efficienti e personalizzate.

¹⁷⁵ Colombo, M., Rozzini, R. Intelligenza Artificiale in medicina: storia, attualità e futuro. LA RELAZIONE MEDICO-PAZIENTE È IN CRISI?. Associazione Italiana Psicogeriatria. (2019).

La transizione dalla Sanità 1.0 alla Sanità 4.0 rappresenta un'evoluzione significativa nei sistemi sanitari¹⁷⁶. La Sanità 1.0 era caratterizzata da un modello tradizionale, incentrato principalmente sulla cura delle malattie attraverso interventi clinici e farmaceutici. Le innovazioni in questo periodo erano limitate e si concentravano principalmente sull'introduzione di nuove tecniche e strumenti medici¹⁷⁷.

Con il passare del tempo, la Sanità 2.0 ha visto l'emergere di approcci più integrati, con l'introduzione di sistemi informatici per la gestione dei dati dei pazienti e la pianificazione delle cure. Questo periodo ha segnato un'importante evoluzione nella raccolta e nell'analisi delle informazioni sanitarie, migliorando la coordinazione tra i vari servizi e gli specialisti¹⁷⁸.

La Sanità 3.0 ha rappresentato un ulteriore passo in avanti, con un crescente utilizzo delle tecnologie digitali e della telemedicina. L'adozione di strumenti digitali ha consentito una gestione più efficiente delle risorse sanitarie e una maggiore accessibilità alle cure, grazie alla possibilità di monitorare i pazienti a distanza e gestire le informazioni sanitarie in modo più interconnesso¹⁷⁹.

Oggi, con l'avvento della Sanità 4.0, stiamo assistendo a una trasformazione radicale del sistema sanitario grazie all'integrazione di tecnologie avanzate come l'intelligenza artificiale, la robotica e la digitalizzazione avanzata. La Sanità 4.0 non si limita a migliorare le pratiche cliniche, ma promuove un approccio proattivo e personalizzato alla salute, puntando sulla prevenzione, sull'ottimizzazione dei processi e su una maggiore personalizzazione delle cure¹⁸⁰. La sfida principale di questa nuova era non è solo sviluppare tecnologie innovative, ma anche garantire una loro integrazione efficace in sistemi organizzativi e culturali che spesso non sono pronti ad accogliere questi cambiamenti. La Sanità 4.0 richiede quindi una revisione profonda dei modelli

¹⁷⁶ Cappelletti, P. Medicina 4.0. Un'introduzione. La Rivista Italiana della Medicina di Laboratorio. Volume 14. P.p. 131-135. (2018).

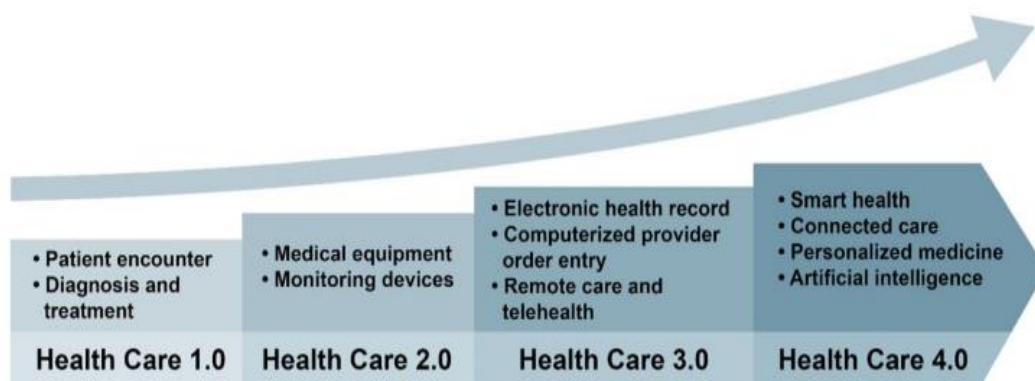
¹⁷⁷ Ibidem.

¹⁷⁸ Ibidem.

¹⁷⁹ Ibidem.

¹⁸⁰ Pellicanò, G. Sanità digitale, stato dell'arte e prospettive future. SMART Elab. Volume 14. P.p. 1-2. (2019).

organizzativi e un'adeguata preparazione per rispondere alle nuove esigenze dei cittadini e per utilizzare in modo più efficiente le risorse del Servizio Sanitario Nazionale¹⁸¹.



182

È chiaro che la vera sfida della Sanità 4.0 non risiede tanto nello sviluppo di nuove tecnologie, che avanzano rapidamente e in maniera spesso imprevedibile, quanto piuttosto nelle difficoltà legate alla loro integrazione all'interno di sistemi organizzativi e contesti culturali che non sempre sono pronti ad accoglierle. Questi fattori rendono il modello della Sanità 4.0 particolarmente rilevante, sollevando la necessità di un dibattito su come rispondere alla crescente domanda di salute dei cittadini, in un contesto che richiederà una profonda revisione dei modelli organizzativi per un utilizzo più efficace delle risorse del SSN.

La Sanità 4.0, con il suo focus sull'automazione e sull'uso intensivo di tecnologie avanzate, getta le basi per l'Assistenza Sanitaria 4.0, che applica questi concetti per migliorare ogni aspetto del percorso di cura. L'Assistenza Sanitaria 4.0 rappresenta l'evoluzione del settore sanitario, ispirato ai principi ed alle tecnologie della Sanità 4.0. Questo nuovo approccio integra in modo innovativo intelligenza artificiale, dispositivi

¹⁸¹ Ruoppo, R. L'applicazione dell'Intelligenza Artificiale nella realtà clinica dell'Alzheimer. Rivista Online. I luoghi della cura. N. 3. P.p. 1-2. (2024).

¹⁸² Li, J., Carayon, P. Health Care 4.0: A Vision for Smart and Connected Health Care. IISE Transaction on Healthcare Systems Engineering. (2021).

connessi e *Big Data* per creare un sistema sanitario più efficiente, personalizzato e incentrato sul paziente.

Dalla diagnosi alla cura, dalla prevenzione alla gestione delle malattie croniche, l'Assistenza Sanitaria 4.0 mira a integrare tutte le informazioni e le tecnologie disponibili per offrire una cura più precisa e tempestiva, facilitando la comunicazione e il coordinamento tra pazienti, medici e altre parti interessate.

Con assistenza sanitaria si intende la: “*fornitura di medicinali, cure mediche o chirurgiche, assistenza infermieristica, servizi ospedalieri, servizi odontoiatrici, servizi optometrici, servizi sanitari complementari o alcuni o tutti i servizi elencati o qualsiasi altro servizio necessario di carattere simile, indipendentemente dal fatto dipende dalla malattia o dalle lesioni personali, nonché dalla fornitura a qualsiasi persona di qualsiasi e tutti gli altri servizi e beni allo scopo di prevenire, alleviare, curare o guarire la malattia umana, la disabilità fisica o le lesioni.*”¹⁸³ Per comprendere il concetto di Assistenza Sanitaria 4.0 bisogna introdurre i due elementi principali alla base di essa¹⁸⁴:

1) **Intelligenza Artificiale:** L'elemento dell'intelligenza in *Health Care* 4.0 si riferisce all'integrazione di tecnologie avanzate di intelligenza artificiale per migliorare l'assistenza sanitaria. L'obiettivo è creare un sistema sanitario più personalizzato, incentrato sul paziente e in grado di rispondere in modo intelligente alle diverse esigenze dei pazienti. Le aree chiave includono:

- **Stratificazione e classificazione:** Utilizzando strumenti di stratificazione, i pazienti possono essere classificati in base alle loro caratteristiche individuali. Ciò consente di identificare i fattori di rischio specifici per ciascuna malattia e di sviluppare piani di trattamento personalizzati¹⁸⁵.

¹⁸³ Peleo, P. Assistenza sanitaria e sistema sanitario. European Journal of Public Health Studies. Volume 1. N.1. (2019).

¹⁸⁴ Li, J., Carayon P. Health Care 4.0: A Vision for Smart and Connected Health Care. IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering. (2021).

¹⁸⁵ Newman, M. W., O' Dwyer, L. C., Rosenthal, L. Predicting a delirium: a review of risk stratification models. General Hospital Psychiatry. N. 37. P.p. 408-413. (2015).

- **Analisi predittiva:** Grazie ai modelli di IA, è possibile prevedere l'evoluzione delle malattie e i risultati clinici per ogni paziente. Questi modelli non solo calcolano i rischi, ma interpretano anche i fattori coinvolti nelle previsioni, aiutando i medici a prendere decisioni più informate¹⁸⁶.
- **Assistenza preventiva e proattiva:** Queste analisi permettono di elaborare piani di assistenza mirati alla prevenzione delle malattie e alla gestione proattiva dei pazienti, migliorando la sicurezza e l'efficacia dei trattamenti¹⁸⁷.
- **Monitoraggio e trattamento ottimale:** L'uso di dispositivi indossabili, sensori e tecnologie di *Edge computing*¹⁸⁸ permette un monitoraggio continuo dei pazienti. I dati raccolti vengono analizzati per aggiornare dinamicamente i piani di cura, assicurando che il trattamento sia sempre ottimale¹⁸⁹.
- **Ciclo chiuso:** Tutti questi elementi sono connessi in un ciclo continuo, dove i risultati delle decisioni terapeutiche e delle diagnosi vengono costantemente utilizzati per aggiornare i modelli predittivi e adattare le cure in tempo reale.

2) **Interconnessione:** L'interconnessione riguarda l'integrazione di tutti gli aspetti dell'assistenza sanitaria in una rete informativa efficace, collegando

¹⁸⁶ Kansagara, D., Englander, H., Salanitro, A., Kagen, D., Theobald, C., Freeman, M., Kripalani, S. Risk Prediction Models for Hospital Readmission. A Systematic Review. *Jama*. N.306. P.p. 1688-1698. (2011).

¹⁸⁷ --- Modelli e standard per lo sviluppo dell'Assistenza Territoriale nel Servizio Sanitario Nazionale. Allegato 1, Next GenerationEU. Allegato 1. P.6. Consultabile su quotidiano Sanità al seguente [link](#).

¹⁸⁸ Modello di calcolo distribuito che permette di eseguire l'elaborazione dei dati vicino a dove questi vengono generati, ottimizzando così i tempi di risposta e l'impiego di risorse.

¹⁸⁹ Coscioni, E. Mantoan, D., Telemedicina e intelligenza artificiale. Monitor. Elementi di analisi e osservazione del sistema salute. Indicazioni nazionali per l'erogazione di prestazioni in telemedicina. Accordo Stato-Regioni. P.p. 70-71. (2021).

vari elementi del sistema per migliorare la comunicazione, la collaborazione e la gestione dei pazienti¹⁹⁰. Le aree principali includono:

- **Interazioni tra pazienti e *team* di assistenza:** La comunicazione trasparente e il coinvolgimento attivo dei pazienti e dei loro assistenti sono fondamentali per garantire cure di alta qualità¹⁹¹. Tecnologie come portali per pazienti e telemedicina facilitano questo processo.
- **Comunicazioni all'interno del *team* di assistenza professionale:** Una comunicazione efficace tra i professionisti sanitari è essenziale per evitare frammentazioni nell'assistenza. La tecnologia può facilitare la condivisione delle informazioni e il coordinamento tra i membri del *team*¹⁹².
- **Attrezzature e dispositivi:** L'uso di dispositivi intelligenti, sensori e tecnologie IoT consente di raccogliere dati continui sui pazienti, migliorando la capacità di analisi e decisione in tempo reale¹⁹³.
- **Organizzazioni e comunità:** Tutte le organizzazioni sanitarie e le comunità devono essere connesse per condividere informazioni e collaborare efficacemente, migliorando la qualità delle cure a livello sia locale che globale¹⁹⁴.

¹⁹⁰ Li. J., Carayon P. Health Care 4.0: A Vision for Smart and Connected Health Care. IISE Transactions on Healthcare Systems Engineering. (2021).

¹⁹¹ Rodin, G., Mackay, J. A., Zimmermann, C., Mayer, C., Howell, D., Katz, M., Sussman, J., Brouwers, M. Clinician-patient communication: a systematic review. Support Care Cancer. N. 17. Pp. 227-644. (2009).

¹⁹² Hewett, D. G., Watson, B. M., Gallois, C., Ward, M., Leggett, B. A. Intergroup communication between hospital doctors: implications for quality of patient care. Soc. Sci. Med. N.12. Pp. 1732-1740. (2009).

¹⁹³ Deloitte. Prospettive, potenzialità, impatti e modelli dell'Artificial Intelligence in ambito sanitario. AI report medtech-Deloitte. Disponibile al seguente [link](#).

¹⁹⁴ Ministero della Salute. I Principi del Servizio Sanitario Nazionale (SSN). Disponibile al seguente [link](#).

- **Assicurazione, fatturazione e costi:** L'integrazione delle tecnologie informatiche nei processi di rimborso e fatturazione può ridurre i costi e semplificare le procedure burocratiche.
- **Transazioni di cura nel tempo e nello spazio:** Le transazioni tra diversi stadi di cura (ad esempio, dall'assistenza pediatrica a quella geriatrica)¹⁹⁵ e tra diverse impostazioni (ambulatoriale, ospedaliera, domiciliare) devono essere gestite con attenzione per garantire continuità e sicurezza.
- **Loop chiusi:** Anche nell'interconnessione, tutti gli elementi del sistema sanitario sono collegati dinamicamente in *loop* chiusi, permettendo una gestione olistica e integrata del percorso del paziente.

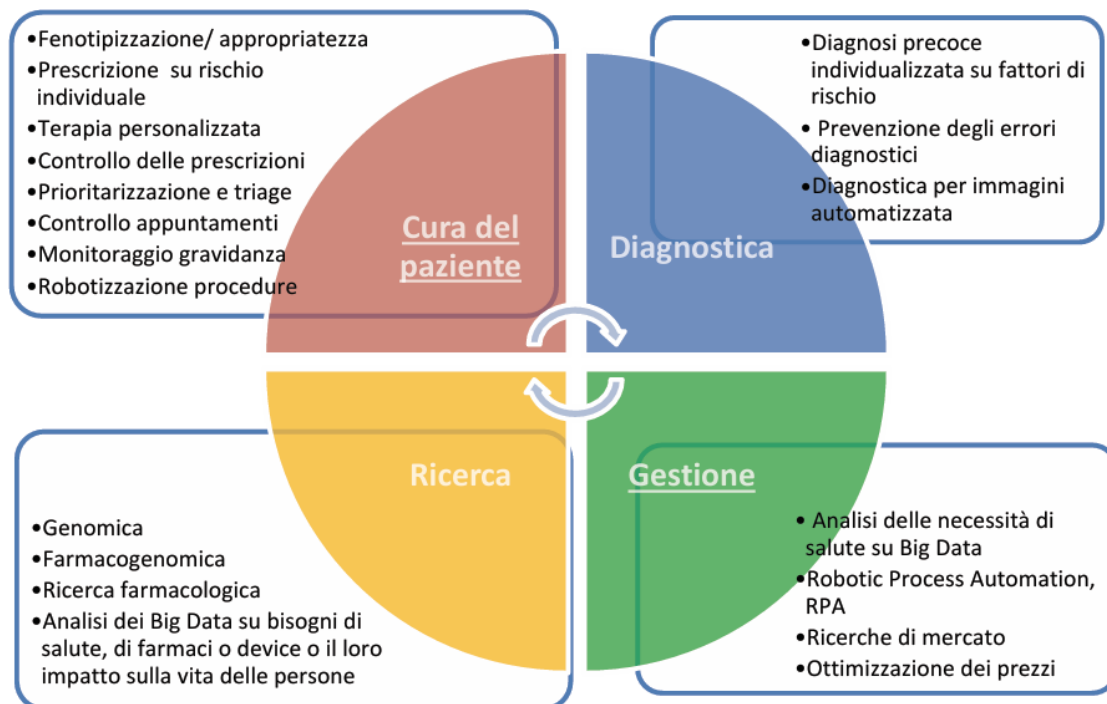
Questi due elementi principali, intelligenza e interconnessione, lavorano insieme per realizzare una visione avanzata dell'assistenza sanitaria, dove l'uso intelligente della tecnologia e l'integrazione sistematica dei dati contribuiscono a un'assistenza più efficiente, personalizzata e sicura.

L'intelligenza artificiale sta trasformando la medicina in quattro aree chiave: cura del paziente, gestione, ricerca e diagnostica.

- Nella cura del paziente, l'IA consente terapie personalizzate basate su caratteristiche individuali.
- Nella gestione, ottimizza l'efficienza operativa degli ospedali, migliorando l'organizzazione delle risorse.
- In ambito diagnostico aiuta a identificare rapidamente malattie attraverso l'analisi avanzata delle immagini mediche.
- Infine, nella ricerca, accelera la scoperta di nuovi farmaci e trattamenti, rivoluzionando il modo in cui affrontiamo le malattie.

¹⁹⁵ Peter, N. G., Forke, C. M., Ginsburg, K. R., Schwarz, D.F. Transition from pediatric to adult care: internists' perspectives. *Pediatrics*. Volume 123. P.p. 417-423. (2009).

Queste applicazioni stanno rendendo la medicina più precisa e accessibile.



196

3.2 Diagnostica

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nel campo medico sta trasformando radicalmente il modo in cui vengono affrontate le diagnosi, offrendo nuove prospettive sia per i professionisti sanitari che per i pazienti. L'impatto rivoluzionario di questa tecnologia in tale settore si può evincere anche dal *Libro bianco sull'Intelligenza Artificiale - Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia*, elaborato dalla Commissione Europea in cui si legge: “L'intelligenza artificiale si sta sviluppando rapidamente. Cambierà le nostre vite migliorando l'assistenza sanitaria (ad esempio

¹⁹⁶ Musacchio, N., Guaita, G., Ozzello, A., Pellegrini, M. A., Ponzani, P., Zilich, R., De Micheli, A. Intelligenza Artificiale e Big Data in ambito medico: prospettive, opportunità, criticità. The Journal of AMD. Volume. 21. P. 210. (2018).

rendendo le diagnosi più precise e consentendo una migliore prevenzione delle malattie.)¹⁹⁷”.

La creazione di sistemi computerizzati per supportare la diagnostica clinica è stata una delle prime aree di ricerca esplorate nell'ambito dell'intelligenza artificiale in medicina (AIM)¹⁹⁸, particolarmente durante gli anni '80 e '90 del XX secolo¹⁹⁹. In questo periodo, la comunità scientifica si concentrò sulla realizzazione di “Sistemi Esperti”, che rappresentavano un approccio innovativo per l'epoca.

Questi sistemi esperti si distinguevano per un aspetto particolarmente significativo: la separazione tra la rappresentazione della conoscenza medica e gli algoritmi utilizzati per applicare questa conoscenza in contesti clinici specifici²⁰⁰.

La conoscenza medica veniva rappresentata in modo strutturato e indipendente dalle procedure computazionali necessarie per l'interpretazione dei dati clinici, al contrario, l'approccio dei sistemi esperti presentava importanti implicazioni. La conoscenza medica presa singolarmente, richiedeva una formalizzazione dettagliata e precisa del sapere medico in uno specifico dominio clinico, spingendo i ricercatori a codificare conoscenze spesso tacite in un formato computazionale. Tuttavia, l'implementazione di sistemi esperti imponeva la definizione di strategie algoritmiche per applicare questa conoscenza in modo efficace al fine di formulare diagnosi accurate per casi clinici concreti.

Nonostante l'adozione di questi sistemi nella pratica clinica sia stata limitata a causa di vari fattori, tra cui la complessità dell'integrazione nei flussi di lavoro medici e la difficoltà nel gestire casi clinici non *standard*, i sistemi esperti hanno generato una serie di risultati di grande rilevanza. In particolare, hanno aperto la strada allo sviluppo di

¹⁹⁷ Commissione Europea. Libro bianco sull'intelligenza artificiale - Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia. (2020). Disponibile al seguente [link](#).

¹⁹⁸ Berner, E. S., La Lande, T. J. Overview of Clinical Decision Support Systems. Clinical Decision Support Systems. P.4. (2007).

¹⁹⁹ Miller, R. A., McNeil, M. A., Challinor, S., Masarie, F. E. Jr., Myers, J. D. Internist – I quick medical reference Project-status. West J. Med. P.p. 816-822. (1986).

²⁰⁰ (...). L'IA e la cura “condivisa”: così la sanità diventa più efficiente e collaborativa. In Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).

metodologie e tecnologie che sono alla base degli attuali sistemi di intelligenza artificiale applicati alla medicina²⁰¹.

Oggi, l'eredità dei sistemi esperti è evidente nei moderni approcci di intelligenza artificiale, come il *Machine Learning* e le reti neurali profonde, che continuano a migliorare la precisione diagnostica e l'efficienza nei trattamenti clinici²⁰². Questi sviluppi rappresentano una naturale evoluzione dell'idea iniziale di codificare e applicare conoscenze mediche in modo sistematico e computazionale.

Riconoscere che ogni persona è unica è essenziale. Ogni individuo ha un proprio stile di vita, tratti fisici e biologici distintivi, ed è influenzato da vari fattori, come l'ambiente, la dieta e molti altri aspetti. Questa vasta gamma di elementi rende difficile prevedere, diagnosticare e trattare un paziente con precisione. Tuttavia, prendere in considerazione tutte queste differenze è indispensabile per ottimizzare la cura e la gestione della salute di ciascuna persona. In tal senso, l'intelligenza artificiale, grazie alle sue capacità di elaborare e analizzare grandi volumi di dati in tempi estremamente ridotti, si sta affermando come uno strumento indispensabile in ogni fase del processo diagnostico, dalla raccolta iniziale delle informazioni fino alla definizione del percorso terapeutico più appropriato²⁰³.

Tradizionalmente, il processo diagnostico si basa sulla raccolta e l'interpretazione di dati clinici da parte del medico, che deve poi formulare ipotesi e determinare la presenza o meno di una patologia²⁰⁴. Questo processo, sebbene efficace, può essere influenzato da vari fattori, come l'esperienza del medico, la disponibilità di informazioni complete e aggiornate, o il tempo a disposizione per l'analisi. L'intelligenza artificiale, invece, offre un approccio complementare che supera molte di queste limitazioni.

²⁰¹ Colombo, M., Rozzini, R. Intelligenza Artificiale in medicina: storia, attualità e futuro. LA RELAZIONE MEDICO-PAZIENTE È IN CRISI?. Associazione Italiana Psicogeriatria. (2019).

²⁰² Zanutto, A. Innovazione tecnologica e apprendimento organizzativo: La telemedicina e il sapere medico. Franco Angeli Editore. P. 49. (2008).

²⁰³ Chilelli, E. L'intelligenza artificiale e la trasformazione digitale nella sanità. Rivista elettronica di diritto, economia e management. Volume 4. P. 58. (2023).

²⁰⁴ Cersosimo, G., Rauty, R. Riflessioni sul controllo sociale: dalla normalità della devianza alla normalità della malattia. Filiarmonici. P. 3. (2000).

Uno degli aspetti più rivoluzionari dell'IA nella diagnosi è la sua capacità di confrontare automaticamente i dati del paziente con vasti *database* di casi precedenti, linee guida cliniche e studi scientifici. Questo confronto consente di individuare rapidamente i *pattern* e le anomalie che potrebbero sfuggire all'occhio umano. Ad esempio, un sistema di intelligenza artificiale può analizzare i risultati di esame di laboratorio, immagini mediche e dati anamnestici per identificare segnali di malattie che si manifestano in modi poco evidenti o che sono rari e difficili da diagnosticare.

Inoltre, l'IA è in grado di fornire un supporto decisionale in tempo reale, suggerendo al medico potenziali diagnosi basate su un'analisi probabilistica delle informazioni disponibili. Questo può ridurre significativamente i tempi necessari per giungere a una diagnosi accurata, con evidenti benefici per il paziente, come l'inizio più tempestivo delle cure e una maggiore possibilità di successo terapeutico. Non solo l'IA migliora la precisione diagnostica, ma riduce anche la necessità di esami invasivi o costosi, contribuendo a un sistema sanitario più efficiente e sostenibile.

Negli ultimi anni, i progressi più significativi nel campo dell'intelligenza artificiale sono stati raggiunti grazie al *Machine Learning*, una disciplina che si occupa dello sviluppo di sistemi capaci di apprendere e migliorare le proprie prestazioni sulla base dei dati disponibili²⁰⁵. Il *Machine Learning*, infatti, rappresenta uno dei pilastri fondamentali dell'IA moderna²⁰⁶, in particolare nell'ambito della diagnostica medica. Le tecniche di ML, suddivise principalmente in tre categorie ²⁰⁷- apprendimento supervisionato, apprendimento non supervisionato e apprendimento per rinforzo - sono sempre più impiegate per risolvere problemi complessi e migliorare l'accuratezza delle diagnosi cliniche.

- **Apprendimento Supervisionato:** Nell'ambito dell'apprendimento supervisionato, l'obiettivo principale è quello di mettere in relazione un insieme di variabili osservate - come i dati clinici di un paziente, sintomi,

²⁰⁵ Sanguinetti, G. Machine Learning: accuratezza, interpretabilità e incertezza. Ithaca: viaggio nella Scienza. . Machine Learning Uncertainty .Volume 16. P. 78. (2020).

²⁰⁶ Mitchell, T. M. Machine Learning. McGraw-Hill. (1997).

²⁰⁷ Ministero della Salute. I sistemi di intelligenza artificiale come strumento di supporto alla diagnostica. P.p. 9-11. (2021). Documento consultabile al seguente [link](#).

esami di laboratorio, immagini mediche - con una variabile target²⁰⁸, ad esempio, una diagnosi medica. Questo tipo di apprendimento si definisce “supervisionato” poiché un supervisore, tipicamente un esperto umano o un *dataset* già etichettato, fornisce un insieme di casi in cui le variabili osservate sono associate alla corrispondente variabile di interesse²⁰⁹. Rispetto ai metodi tradizionali della statistica, gli sviluppi recenti nel *Machine Learning* permettono di gestire un numero molto più elevato di variabili in ingresso e di individuare modelli complessi nei dati, migliorando notevolmente l'accuratezza delle diagnosi.

Un esempio classico di apprendimento supervisionato applicato alla diagnosi medica è l'uso di reti neurali convoluzionali (CNN)²¹⁰ per la diagnosi di retinopatia diabetica, una complicanza del diabete che può portare alla cecità se non diagnosticata e trattata precocemente²¹¹.

Nell'ambito della diagnostica clinica, le tecniche di classificazione supervisionata sono quelle di maggior interesse per lo sviluppo di sistemi basati su IA. Le metodologie variano da approcci statistici tradizionali, come la regressione logistica e i metodi Bayesiani, a tecniche più avanzate come gli alberi decisionali, le foreste causali (*random forest*²¹²), le macchine a vettori

²⁰⁸ Liu Q., Wu, Y. Supervised Learning. Encyclopedia of the Sciences of Learning. Norbert, M. Seel Editor. Springer. Boston, MA. P.p. 3243-3246. (2012).

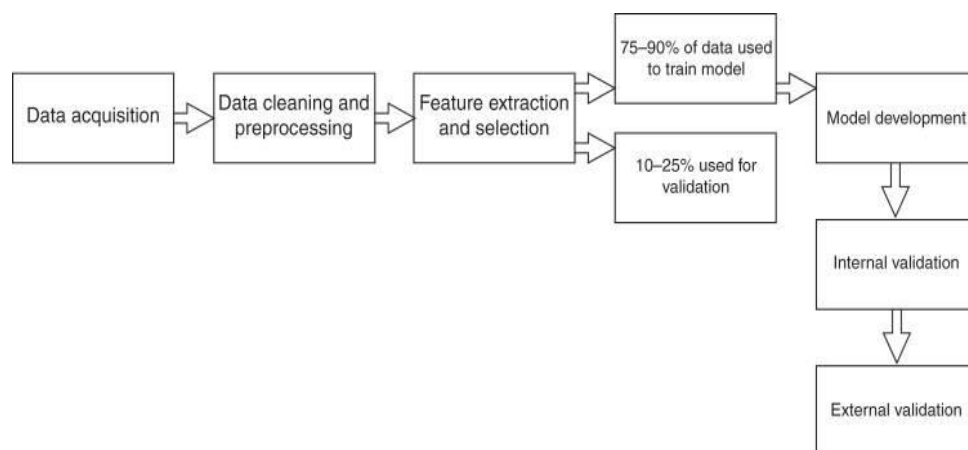
²⁰⁹ Chahal, A., Preeti, G. Machine Learning e Deep Learning. Rivista internazionale di tecnologia innovativa ed esplorazione dell'ingegneria. Volume 8. P.p. 4910-4914. (2019).

²¹⁰ Una rete neurale convoluzionale (CNN) è un tipo di rete neurale artificiale particolarmente efficace nell'elaborazione di dati strutturati in griglie come le immagini. Le CNN utilizzano strati convoluzionali per estrarre automaticamente caratteristiche rilevanti dai dati, come bordi, forme e *texture*, riducendo la necessità di pre-elaborazione manuale. Grazie a queste capacità, le CNN sono ampiamente utilizzate per compiti di visione artificiale, come riconoscimento di oggetti, la classificazione di immagini e la diagnosi medica basata su immagini.

²¹¹ Abràmoff, M. D., Lou, Y., Erginay, A., Clarida, W., Amelon, R., Folk, J. C., Niemeijer, M. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. Investigative Ophthalmology & Visual Science. N. 57. P.p. 5200-5206. (2016).

²¹² Clark, L. A., Pregibon, D. Tree-based models. Statistical Models. Routledge, S Editor. P.p. 377-419. (2017).

di supporto (*Support Vector Machines*²¹³), i metodi di *boosting* e le reti neurali artificiali. Un fattore necessario per il successo di questi sistemi diagnostici è la scelta delle variabili da misurare, che possono derivare dai dati clinici tradizionali o da osservazioni più complesse, come quelle provenienti dall'*imaging* diagnostico.



214

- **Apprendimento non Supervisionato:** Diversamente, l'apprendimento non supervisionato si concentra sull'identificazione di regolarità o *pattern* nei dati senza una variabile *target* predefinita²¹⁵. Una delle tecniche più utilizzate in questo contesto è il *clustering*, che consiste nel raggruppare i dati in *cluster*, o gruppi, in cui i casi all'interno di ciascun gruppo sono simili tra loro e differenti da quelli di altri gruppi²¹⁶. Questa metodologia è particolarmente utile in ambito biomedico, ad esempio nella diagnostica molecolare, dove può essere utilizzata per identificare sottogruppi di pazienti con caratteristiche cliniche o genetiche simili. L'apprendimento non supervisionato è stato applicato con successo nella diagnosi medica, in particolare nella scoperta di nuovi sottotipi

²¹³ Salcedo-Sanz , S., Pérez-Aracil, J., Ascenso, G. et al. Support vector machines in engineering: an overview. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery. P.p. 234–267. (2014).

²¹⁴ Ramgopal, S., Sanchez-Pinto, L. N., Horvat, C. M., Carroll, M. S., Luo, Y., Florin, T. A. Artificial intelligence-based clinical decision support in pediatrics. *Pediatr Res*. Volume 2. P.p. 334-341. (2023).

²¹⁵ Ghahramani, Z. Unsupervised Learning. P.p. 72 – 112 (2004). In Bousquet, O., von Luxburg, U., Rätsch, G. Editor. *Advanced Lectures on Machine Learning. ML. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. Volume 3176. (2003).

²¹⁶ Machine Learning Overview. White Paper. Flairnet. Consultabile al seguente [link](#).

di malattie complesse, come il cancro, attraverso l'analisi di dati omici (genomici e proteomici). Un esempio pratico significativo è rappresentato dall'uso del *clustering* non supervisionato per identificare nuovi sottotipi molecolari di cancro al seno²¹⁷. L'analisi ha portato alla scoperta di nuovi sottotipi molecolari di cancro al seno, ciascuno con differenti profili genomici e risposte al trattamento²¹⁸. Questi nuovi sottotipi, alcuni dei quali non erano stati precedentemente riconosciuti, hanno fornito una migliore comprensione della malattia e hanno suggerito nuovi bersagli terapeutici.

- **Apprendimento per Rinforzo:** Infine, l'apprendimento per rinforzo, una tecnica molto efficace nel campo della robotica, si occupa di sviluppare agenti artificiali in grado di apprendere la migliore strategia per raggiungere un obiettivo. Questi agenti ricevono *feedback* dall'ambiente circostante e dalle conseguenze delle loro azioni, adattandosi e migliorando continuamente le proprie prestazioni. Sebbene l'apprendimento per rinforzo sia meno utilizzato nella diagnostica medica rispetto alle altre due categorie, esso ha un potenziale significativo in ambiti specifici, come l'ottimizzazione delle terapie personalizzate.

3.3 Cura del paziente

L'intelligenza artificiale, oltre a rivoluzionare il campo della diagnosi medica, sta assumendo un ruolo sempre più centrale nella selezione delle terapie e nell'erogazione delle cure. L'applicazione dell'IA in questo campo è resa possibile dalla capacità degli algoritmi avanzati di elaborare grandi quantità di dati, identificare *pattern* nascosti e fornire raccomandazioni personalizzate che possono migliorare significativamente la

²¹⁷ Curtis, C., Shah, S. P., Chin, S. F., Turashvili, G., Rueda, O. M., Dunning, M. J., Speed, D., Lynch, A. G., et al. The genomic and transcriptomic architecture of 2,000 breast tumors reveals novel subgroups. *Nature*. N. 486. P.p. 346-352. (2012).

²¹⁸ Perou, C. M., Sørlie, T., Eisen, M. B., van de Rijn, M., Jeffrey, S. S., Rees, C. A., Pollack, J. R., et al. Molecular portraits of human breast tumours. *Nature*. N. 406. (2000).

qualità delle cure²¹⁹. Tra le aree chiave in cui l'IA ha mostrato risultati promettenti si trovano la predizione degli esiti clinici, il supporto decisionale in tempo reale, l'ottimizzazione della somministrazione delle cure, la personalizzazione delle terapie e l'erogazione delle cure in contesti remoti²²⁰.

3.3.1 Predizione degli esiti clinici

Una delle applicazioni più rilevanti dell'IA in medicina è la predizione degli esiti clinici. L'intelligenza artificiale è in grado di analizzare grandi moli di dati clinici, che includono informazioni genetiche, anamnesi, parametri vitali, e risultati di esami diagnostici, per prevedere come un paziente risponderà a specifiche terapie²²¹. Attraverso l'uso di algoritmi di *Machine Learning*, l'IA può identificare correlazioni che sarebbero difficilmente rilevabili dall'analisi umana, offrendo previsioni accurate sulla probabilità di successo di un trattamento o sulla possibilità di complicanze.

Ad esempio, in oncologia, l'IA può essere utilizzata per analizzare i profili genetici dei tumori e prevedere quali terapie saranno più efficaci per un dato paziente. Questi modelli predittivi possono anche aiutare a identificare i pazienti che potrebbero non rispondere a trattamenti *standard* e che potrebbero trarre beneficio da terapie sperimentali o personalizzate. Uno dei principali vantaggi della predizione degli esiti clinici con l'IA è la sua capacità di fornire previsioni personalizzate per ciascun paziente, superando i limiti degli approcci tradizionali basati su medie statistiche. Questo può portare a un significativo miglioramento della qualità delle cure, con trattamenti più mirati e una gestione più efficace delle risorse sanitarie²²².

²¹⁹ Romero-Brufau, S., Wyatt, K. D., Boyum, P., Mickelson, M., Moore, M., Cagnetta-Rieke, C. A lesson in implementation: A pre-post study of providers' experience with artificial intelligence-based clinical decision support. *International Journal of Medical Informatics*. Volume 137. (2020).

²²⁰ Belpiede, A., Baldassarre, A., Bonaldi, F. et al. Etica dell'intelligenza artificiale per la salute. Linee guida per i modelli multimodali di grandi dimensioni (LMM). *Zadig*. P.p. 29-38. (2024).

²²¹ Tozzi, A. E. L'intelligenza artificiale per il pediatra. *Area pediatrica*. Volume 25. P.p. 38-44. (2024).

²²² Intelligenza artificiale e medicina: aspetti etici. Comitato Nazionale per la Bioetica, Parere Congiunto. Presidenza del Consiglio dei Ministri, P.p. 7-9. (2020). Consultabile al seguente [link](#).

Tuttavia, uno dei problemi principali legati all'uso dell'intelligenza artificiale nella predizione degli esiti clinici è la cosiddetta “*black box problem*” o problema della scatola nera²²³. Questo si riferisce al fatto che, in molti casi, gli algoritmi di IA, specialmente quelli basati su *Deep Learning*, possono fornire una previsione o un esito clinico senza offrire una spiegazione chiara del perché o del come siano arrivati a quella conclusione. Questo è particolarmente problematico in ambito medico, dove le decisioni devono essere giustificabili e comprensibili, sia per i medici che per i pazienti.

3.3.2 Supporto Decisionale in Tempo Reale

In situazioni di emergenza o durante procedure mediche complesse, la capacità di prendere decisioni rapide e informate è fondamentale. L'IA fornisce un supporto decisionale (AI-CDS) in tempo reale, integrandosi nei flussi di lavoro clinici e offrendo suggerimenti basati su un'analisi continua dei dati del paziente²²⁴. I CDS sono “*sistemi informatici progettati per influenzare il processo decisionale dei medici sui singoli pazienti nel momento in cui vengono prese queste decisioni*”²²⁵. Il CDS può integrare avvisi, promemoria, gruppi di ordini, calcoli delle dosi dei farmaci, pannelli di sintesi delle cure e strumenti per il recupero delle informazioni direttamente nel punto di cura, migliorando così il processo decisionale clinico²²⁶.

Ad esempio, durante un intervento chirurgico, i sistemi di IA possono monitorare i parametri vitali del paziente e fornire raccomandazioni sul dosaggio degli anestetici o

²²³ Tozzi, A. E. Introduzione all'intelligenza artificiale in medicina per il personale sanitario. Accademia per la sanità digitale. P.p. 26-29. (2022).

²²⁴ Ramgopal, S., Sanchez-Pinto, L. N., Horvat, C. M., Carroll, M. S., Luo, Y., Florin, T. A. Artificial intelligence-based clinical decision support in pediatrics. *Pediatr Res*. Volume 2. P.p. 334-341. (2023).

²²⁵ Berner, E. S., La Lande, T. J. Overview of Clinical Decision Support Systems. *Clinical Decision Support Systems*. P. 3-22. (2007).

²²⁶ Bright, T. J., Wong, A., Dhurjati, R., Bristow, E., Bastian, L., Coeytaux, R.R. et al. Effect of clinical decision-support systems: a systematic review. *Ann Intern Med*. N. 157. P.p. 29-43. (2012).

sulla necessità di modificare il piano chirurgico in base alle condizioni in evoluzione del paziente²²⁷.

In terapia intensiva, l'IA può aiutare i medici a gestire meglio i pazienti critici, prevedendo il deterioramento clinico e suggerendo interventi tempestivi²²⁸. Questo tipo di supporto è particolarmente utile nei contesti ad alta pressione, dove la rapidità e la precisione delle decisioni possono fare la differenza tra la vita e la morte. La capacità dell'IA di analizzare rapidamente grandi volumi di dati e di fornire raccomandazioni basate sull'evidenza può ridurre gli errori medici e migliorare significativamente gli esiti per i pazienti.

3.3.3 Ottimizzazione della Somministrazione delle Cure

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nella somministrazione delle cure mediche, insieme all'adozione di infermieri *robot*, sta rivoluzionando il settore sanitario, migliorando significativamente l'efficienza e la precisione nella gestione dei pazienti. L'integrazione effettiva di tali macchinari implementati da IA, potrebbe avere dei successi particolari in paesi come l'India, la quale ha una popolazione in costante crescita e risorse sanitarie limitate²²⁹. L'automazione dei processi clinici, resa possibile dall'IA, consente una somministrazione delle terapie più precisa e personalizzata²³⁰. Ad esempio, nei reparti di terapia intensiva, i sistemi di IA possono controllare e regolare automaticamente la somministrazione di farmaci, fluidi e ossigeno, basandosi su dati continuamente

²²⁷ Hashimoto, D. A., Rosman, G., Rus, D., Meireles, O. R. Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. Ann. Surg. N. 268. P.p. 70-76. (2018).

²²⁸ Johnson, A. E. W. Et al. Machine learning and decision support in critical care. Proceedings of the IEEE. N. 104. P.p. 444-466. (2016).

²²⁹ Deo, N., Anjankar, A. Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India. Springer Science and Business Media LLC. Cureus. (2023).

²³⁰ IA al servizio della salute: come cambiano diagnosi e cure. Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).

aggiornati dal monitoraggio del paziente²³¹. Questo tipo di automazione riduce il carico di lavoro per il personale medico e minimizza il rischio di errori dovuti a fattori umani²³².

In chirurgia, i *robot* assistiti da IA rappresentano un'evoluzione significativa nella pratica clinica. Questi dispositivi avanzati sono progettati per assistere il personale infermieristico umano, ottimizzando la somministrazione delle cure e migliorando l'efficienza operativa negli ambienti clinici²³³. I *robot* infermieri possono eseguire una vasta gamma di compiti, dalla somministrazione di farmaci alla gestione dei segnali vitali, fino alla consegna di strumenti medici, con un alto grado di precisione e affidabilità. Uno dei principali vantaggi degli infermieri *robot* è la loro capacità di automatizzare compiti ripetitivi e fisicamente impegnativi, liberando il personale infermieristico per concentrarsi su attività che richiedono un intervento umano diretto, come l'interazione empatica con i pazienti. Ad esempio, i *robot* possono essere programmati per somministrare farmaci in modo tempestivo e preciso, monitorare i parametri vitali e allertare il personale medico in caso di anomalie. Questi *robot* possono eseguire interventi chirurgici complessi con una precisione millimetrica, riducendo il trauma per il paziente e migliorando i risultati post-operatori²³⁴. La crescente integrazione degli infermieri *robot* nelle strutture sanitarie riflette una tendenza verso l'adozione di tecnologie avanzate per affrontare le sfide del settore. Tuttavia, è essenziale considerare le implicazioni etiche e pratiche di questi dispositivi, tra cui la loro accettazione da parte dei pazienti e del personale, e l'integrazione con i sistemi esistenti di cura e gestione.

L'IA consente inoltre di personalizzare gli interventi chirurgici in base alle specifiche anatomiche del paziente, riducendo i tempi di recupero e migliorando la qualità complessiva delle cure. La combinazione di automazione e IA nel processo di somministrazione delle cure sta rendendo la medicina più efficiente e sicura,

²³¹ Fasan, M. La tecnologia ci salverà? Intelligenza artificiale, salute individuale e collettiva ai tempi del Coronavirus. *BioLaw Journal*. P.p. 677-683. (2020).

²³² Vidali, M. Intelligenza Artificiale in Medicina: implicazioni e applicazioni, sfide e opportunità. *Biochimica Clinica*. Volume 48. N. 2. P.p. 129-141. (2024).

²³³ Ergin, E. Artificial intelligence and robot nurses: From nurse managers' perspective: A descriptive cross-sectional study. *Journal of Nursing Management*. Volume 30. N. 8. (2022).

²³⁴ Ibidem.

contribuendo ad una riduzione dei tempi di degenza ospedaliera e a una migliore gestione delle risorse sanitarie.

3.3.4 Erogazione delle Cure in Contesti Remoti

L'erogazione delle cure in contesti remoti è un'altra area in cui l'IA sta avendo un impatto significativo. L'accesso alle cure mediche in aree remote o poco servite è una sfida globale, ma l'IA, combinata con le tecnologie di telemedicina, sta contribuendo a colmare questa lacuna. Attraverso piattaforme digitali potenziate dall'IA, i pazienti in località isolate possono accedere a servizi di consulenza medica, diagnosi e trattamento senza doversi spostare²³⁵.

Come si evince dallo studio condotto negli USA da Dubey e Tiwari²³⁶, l'IA può analizzare immagini mediche inviate a distanza, come radiografie o ecografie, e fornire diagnosi e raccomandazioni terapeutiche basate su modelli addestrati su milioni di casi. Questa è particolarmente utile in aree dove non ci sono specialisti disponibili, permettendo ai medici generici di offrire cure di qualità superiore con il supporto dell'IA²³⁷. Inoltre, l'IA può monitorare continuamente i parametri vitali dei pazienti tramite dispositivi indossabili e inviare avvisi ai medici in caso di anomalie, consentendo un intervento tempestivo anche a distanza²³⁸.

In conclusione, l'intelligenza artificiale sta trasformando profondamente la medicina, con un impatto che si estende dalla scelta delle terapie all'erogazione delle cure. La capacità dell'IA di analizzare dati complessi, predire esiti, supportare decisioni in tempo reale, ottimizzare la somministrazione delle cure e personalizzare i trattamenti sta migliorando la qualità e l'accessibilità delle cure mediche a livello globale. Tuttavia,

²³⁵ De Angelis, L., Frontori, G., Lucchetti, F., Renzulli, F., Salamone, F. La gestione da remoto del paziente anziano con dolore. *Clinical Practice. Clinical Cases Magazine*. P.p. 3-5. (2021).

²³⁶ Dubey, A., Tiwari, A. Artificial intelligence and remote patient monitoring in US healthcare market: a literature review. *Journal of Market Access & Health Policy*. N.11. (2023).

²³⁷ Gutierrez, G. Artificial Intelligence in the Intensive Care Unit. *Critical Care*. Volume 24. N. 101. (2020).

²³⁸ Zuhair, V., Babar, A., Ali, R., et al. Remote Health Care Systems and the Integration of AI: Addressing Health Disparities in Rural Areas. *Journal of Primary Care & Community Health*. N.15. (2024).

mentre l'IA continua a evolversi, è essenziale garantire che queste tecnologie siano integrate in modo etico e responsabile nella pratica clinica, con un'attenzione particolare alla sicurezza dei pazienti e alla protezione dei dati personali.

3.4 Gestione

Il sistema sanitario pubblico italiano, sebbene fondato su ideali ambiziosi, affronta numerose difficoltà pratiche nella sua realizzazione²³⁹. La legge istitutiva del Servizio Sanitario Nazionale (SSN), la n. 833 del 1978²⁴⁰, stabilisce una serie di principi cardine che dovrebbero orientare l'operato del sistema.

1. **Copertura universale:** Ogni cittadino dovrebbe poter accedere ai servizi sanitari, indipendentemente dalla propria situazione personale.
2. **Parità di trattamento:** Tutti gli utenti devono ricevere cure e servizi senza discriminazioni.
3. **Ampiezza delle prestazioni:** Il SSN deve garantire una gamma completa di servizi, che copra ogni fase del percorso di cura.
4. **Controllo da parte dei cittadini:** La partecipazione e il controllo democratico da parte dei cittadini sono essenziali per garantire trasparenza e responsabilità.
5. **Gestione unitaria e pubblica:** La gestione del sistema sanitario dovrebbe essere centralizzata e prevalentemente di natura pubblica.

Tuttavia, l'applicazione concreta di questi principi spesso risulta frammentata e incompleta, portando a una situazione in cui il Servizio Sanitario Nazionale è caratterizzato da forti disparità territoriali e una scarsa coordinazione tra le regioni.

²³⁹ Chilelli, E. L'intelligenza artificiale e la trasformazione digitale della sanità. Rivista elettronica di diritto, economia e management. Volume 4. P.p. 51-52. (2023).

²⁴⁰ Legge 23 dicembre 1978, n. 833. "Istituzione del Servizio Sanitario Nazionale". Consultabile al seguente [link](#).

Questo problema è in parte legato alla stessa struttura del sistema, suddiviso in 21 entità regionali autonome, ognuna delle quali gestisce il proprio Servizio Sanitario attraverso una miriade di aziende sanitarie, molte delle quali operano come entità di diritto privato²⁴¹.

Oltre ai problemi strutturali interni, il sistema sanitario è influenzato anche da fattori esterni che complicano ulteriormente la situazione. Tra questi si annoverano il finanziamento spesso insufficiente rispetto alla crescente domanda di servizi sanitari (dovuto soprattutto all'invecchiamento demografico), l'aumento della complessità delle cure richieste e i rischi legali associati alla pratica medica, che possono mettere ulteriormente sotto pressione le strutture e il personale. Questi fattori esterni contribuiscono a minare la stabilità e l'efficacia del SSN, rendendo difficile il raggiungimento degli obiettivi originari di un sistema sanitario equo e universalmente accessibile.

D'altro canto, il settore sanitario globale sta attraversando un periodo di profonda trasformazione, dovuto in gran parte all'introduzione di tecnologie avanzate che stanno cambiando radicalmente il modo in cui vengono gestite le strutture ospedaliere²⁴². Tra queste innovazioni, l'intelligenza artificiale si sta affermando come una delle forze più rivoluzionarie, offrendo nuove soluzioni per affrontare le sfide complesse che caratterizzano il sistema sanitario moderno. Dalla necessità di migliorare l'efficienza delle risorse alla sfida di garantire un'assistenza di qualità elevata per tutti i pazienti, l'IA rappresenta una risposta concreta, capace di trasformare profondamente la gestione ospedaliera.

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nelle dinamiche ospedaliere non si limita a introdurre nuove tecnologie, ma segna una vera e propria rivoluzione nella struttura operativa delle organizzazioni sanitarie. L'IA offre strumenti avanzati per

²⁴¹ Maino, F. Il sistema sanitario italiano tra contenimento della spesa, malasanità e politicizzazione. *Politica in Italia: i fatti dell'anno e le interpretazioni*. Il Mulino. P.p. 241-260. (2009).

²⁴² Junaid, S. B., Imam, A. A. et al. Recent Advancements in Emerging Technologies for Healthcare Management Systems: A Survey. *Healthcare*. Volume 10. (2022).

l'ottimizzazione di numerosi processi, dai compiti amministrativi alla presa di decisioni cliniche, fino al miglioramento della comunicazione e al coinvolgimento dei pazienti²⁴³.

Utilizzando tecnologie come l'apprendimento automatico e l'elaborazione del linguaggio naturale, gli ospedali possono non solo semplificare le operazioni quotidiane, ma anche migliorare significativamente gli esiti clinici, ridefinendo così gli *standard* di cura e assistenza. Questa evoluzione rappresenta una risposta alle pressioni crescenti del settore sanitario, incluse la gestione delle risorse limitate, l'aumento dei costi e la crescente richiesta di servizi sanitari personalizzati ed efficienti²⁴⁴. L'impatto dell'IA è quindi destinato a potenziare le capacità dei professionisti sanitari e a trasformare radicalmente tutto il processo di assistenza al paziente.

Uno dei principali benefici dell'intelligenza artificiale è la sua capacità di ottimizzare il flusso di lavoro all'interno degli ospedali. Attraverso l'automazione di processi ripetitivi e la pianificazione intelligente delle risorse, l'IA può ridurre le inefficienze e migliorare le prestazioni operative. Questo si traduce in una gestione più efficiente del personale, nella programmazione degli appuntamenti e nelle altre attività di *routine*, liberando tempo prezioso per i professionisti sanitari, che possono così concentrarsi maggiormente sulla cura diretta dei pazienti. Il risultato finale è un incremento notevole della produttività, che porta a una maggiore qualità dei servizi offerti e a una più rapida erogazione delle cure, beneficiando sia gli operatori sanitari che i pazienti stessi.

Inoltre, l'intelligenza artificiale si rivela fondamentale nella complessa gestione delle risorse ospedaliere²⁴⁵. L'analisi predittiva, resa possibile dall'IA, rappresenta una soluzione innovativa per ottimizzare l'allocazione delle risorse in vari ambiti, come la distribuzione del personale, l'approvvigionamento delle forniture mediche e l'utilizzo delle strutture. Grazie all'analisi approfondita dei dati storici, delle tendenze attuali e delle proiezioni future, l'IA consente di prendere decisioni informate e basate sui dati, che

²⁴³ Ai in Healthcare. Disponibile al seguente [link](#).

²⁴⁴ Davenport, T., Kalakota, R. The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future Healthcare Journal*. Volume 6. N. 2. P.p. 94-98. (2019).

²⁴⁵ Bhati, D., Deogade, M. S., Kanyal, D. Improving Patient Outcomes Through Effective Hospital Administration: A Comprehensive Review. *Cureus*. Volume 15. N. 10. (2023).

portano a una gestione più efficiente delle risorse, a una riduzione dei costi e a un sistema sanitario più reattivo e adattabile alle esigenze in continua evoluzione dell'assistenza ai pazienti.

L'approccio predittivo dell'IA garantisce che le strutture ospedaliere possano anticipare le necessità e adattarsi proattivamente minimizzando gli sprechi e massimizzando l'efficacia delle risorse disponibili.

Quindi, l'implementazione effettiva dell'intelligenza artificiale nel Servizio Sanitario Nazionale italiano rappresenta una significativa opportunità per affrontare e risolvere molte delle criticità che oggi caratterizzano il nostro sistema sanitario. L'IA ha il potenziale per trasformare radicalmente l'organizzazione ospedaliera, apportando miglioramenti tangibili e necessari in diverse aree.

Attualmente, gli ospedali italiani affrontano sfide legate alla pianificazione del personale, alla gestione delle forniture e all'utilizzo delle strutture. Con l'intelligenza artificiale, è possibile automatizzare e ottimizzare questi processi, migliorando l'efficienza operativa. Per esempio, l'IA può facilitare la pianificazione del personale rendendola più precisa, riducendo i tempi di attesa e migliorando la qualità dell'assistenza attraverso una distribuzione più equa e basata sui dati analitici delle risorse disponibili.

In secondo luogo, l'IA può apportare significativi miglioramenti ai processi amministrativi. Automatizzando compiti ripetitivi come la gestione degli appuntamenti e la registrazione dei pazienti, l'intelligenza artificiale può ridurre il carico burocratico sugli operatori sanitari, liberando tempo prezioso per concentrarsi sulla cura dei pazienti. Questo miglioramento della produttività non solo ottimizza l'uso delle risorse, ma può anche contribuire a una riduzione dei costi operativi nel lungo termine.

Tuttavia, è importante riconoscere che l'implementazione dell'IA comporterebbe un investimento iniziale considerevole. I costi associati alla modernizzazione tecnologica sono significativi e devono essere considerati come un investimento strategico per il futuro del SSN. Nonostante l'onere iniziale, l'adozione dell'IA potrebbe generare risparmi a lungo termine e migliorare notevolmente l'efficienza e la qualità dell'assistenza sanitaria.

Per l'Italia, questa trasformazione tecnologica rappresenta un passo decisivo verso un sistema sanitario più moderno e sostenibile. Superare le barriere iniziali e investire in intelligenza artificiale permetterà non solo di risolvere le criticità attuali, ma anche di garantire un'organizzazione ospedaliera più efficiente e orientata al futuro. È essenziale che le politiche sanitarie e le decisioni di investimento considerino seriamente questi benefici, lavorando per costruire una sanità pubblica all'avanguardia e pronta a rispondere alle sfide del presente e del futuro

3.5 Ricerca farmaceutica

La ricerca e lo sviluppo di farmaci e terapie rappresenta un processo complesso e multidisciplinare volto a scoprire e perfezionare trattamenti per malattie e condizioni cliniche. Questo percorso include la scoperta di nuovi principi attivi, lo sviluppo di tecniche terapeutiche innovative e l'ottimizzazione dei protocolli esistenti, passando attraverso fasi di sperimentazione rigorose per garantire sicurezza ed efficacia. Ogni fase, dall'ideazione alla commercializzazione, richiede un'integrazione di conoscenze scientifiche avanzate, innovazione tecnologica e rigorosi controlli normativi.

La fase di ricerca e sviluppo dei farmaci è un percorso estremamente complesso, caratterizzato da costi elevati, lunghi tempi di realizzazione e un significativo grado di inefficienza²⁴⁶. In media, possono trascorrere fino a 15 anni prima che un nuovo farmaco riesca a passare dalle fasi iniziali di sviluppo alla commercializzazione, comportando una spesa che può arrivare a 2,5 miliardi di dollari americani. Inoltre, il rischio di fallimento durante questo processo è molto alto²⁴⁷. Soltanto il 13,8% delle molecole che avviano la fase clinica 1 riesce a ottenere l'approvazione definitiva per l'immissione sul mercato.

²⁴⁶ Malva, A., Priami, C., Turchetti, G., Pelliccia, A., Dall'Olio, G., Recchia, G. Applicazione dell'Intelligenza artificiale ai processi di Ricerca & Sviluppo Preclinico del farmaco. Tendenze Nuove. Volume 1. P.p. 1-21. (2019).

²⁴⁷ Di Masi, J. A., Grabowski, H. G., Hansen, R. W. Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs. Journal of Health Economics. Volume 47. P.p. 20-33. (2016).

Questi numeri sono ancora più preoccupanti nei settori terapeutici con maggiori necessità, come quello oncologico, dove i tassi di successo scendono al 3,4%²⁴⁸.

L'urgenza di migliorare l'efficienza nello sviluppo di nuove terapie è resa ancora più evidente se si considerano le crescenti esigenze di salute a livello globale. Si prevede che, entro il 2050, il 25% della popolazione mondiale sarà composta da persone con più di sessant'anni. Inoltre, per il 95% delle oltre 7000 malattie rare finora identificate, non esistono trattamenti farmacologici approvati, evidenziando un'enorme lacuna nell'offerta terapeutica disponibile²⁴⁹.

I fallimenti nel processo di sviluppo dei farmaci sono spesso dovuti a due principali fattori: circa il 50% dei casi di insuccesso deriva dalla mancanza di efficacia del farmaco, mentre un altro 25% è causato da problemi di tollerabilità del trattamento. Questi fallimenti riflettono la complessità e le sfide legate alla scelta del *target* terapeutico corretto per le malattie studiate, sottolineando la necessità di innovazioni significative in questo campo.

Tuttavia, l'intelligenza artificiale sta rapidamente diventando un alleato fondamentale nella ricerca farmaceutica, integrando la capacità umana di elaborare informazioni con la potenza dei sistemi automatizzati per risolvere problemi complessi²⁵⁰.

I recenti progressi nell'IA e nel *Machine Learning* offrono nuove possibilità per trasformare i processi di scoperta, formulazione e test dei farmaci. Grazie agli algoritmi di IA, è possibile analizzare grandi volumi di dati biologici, come quelli derivati da studi genomici, per identificare con maggiore precisione i bersagli molecolari associati a specifiche patologie e prevedere come potrebbero interagire con nuovi composti

²⁴⁸ Wong, C. H., et al. Estimation of clinical trial success rates and related parameters. *Biostatistics*. Volume 20. N.2. P.p. 273-86. (2019).

²⁴⁹ Griggs, R. C., Batshaw, M., Dunkle, M., Gopal-Srivastava, R., Kaye, E., Krischer, J., Nguyen, T., Paulus, K., Merkel, P. A. Rare Diseases Clinical Research Network. Clinical research for rare disease: opportunities, challenges, and solutions. *Mol Genet Metab*. N. 96. (2008).

²⁵⁰ Vora, L. K., Gholap, A. D., Jetha, K., Thakur, R. R. S., Solanki, H. K. Chavda, V. P. Artificial Intelligence in Pharmaceutical Technology and Drug Delivery Design. Yu Chul Kim, Academic Editor. (2023).

farmacologici. Questo approccio mirato non solo accelera il processo di scoperta dei farmaci, ma aumenta anche le probabilità di successo clinico e approvazione²⁵¹.

Oltre a migliorare l'efficienza del processo di scoperta, l'IA contribuisce significativamente alla riduzione dei costi di sviluppo dei farmaci, ottimizzando varie fasi della ricerca. Gli algoritmi di apprendimento automatico possono supportare la progettazione sperimentale, offrendo previsioni accurate sulla tossicità dei composti in esame²⁵². Ciò consente di selezionare e ottimizzare i candidati più promettenti, riducendo la necessità di test estensivi e costosi sugli animali.

Per sfruttare le tecnologie basate sull'intelligenza artificiale nel settore della ricerca e sviluppo farmaceutico, sono state create, fino al 2018, 47 *start-up* specializzate. Queste imprese, sebbene con alcune eccezioni, offrono alle compagnie farmaceutiche una vasta gamma di servizi mirati a diversi obiettivi strategici²⁵³. Tra questi servizi rientrano²⁵⁴:

- **Aggregazione e sintesi di informazioni:** Le *start-up* utilizzano algoritmi avanzati per raccogliere, organizzare e analizzare dati provenienti da diverse fonti, fornendo una base solida per prendere decisioni informate.
- **Riproposta di farmaci (*drug repurposing*):** Le tecnologie di IA vengono impiegate per identificare nuove applicazioni terapeutiche per farmaci già esistenti, ottimizzando così il ciclo di vita del prodotto e riducendo i tempi di sviluppo²⁵⁵.
- **Generazioni di nuovi candidati farmaceutici:** Attraverso la modellizzazione computazionale, queste aziende sono in grado di creare nuove molecole potenzialmente efficaci contro specifiche malattie.

²⁵¹ Ibidem.

²⁵² Ibidem.

²⁵³ Malva, A., Andreoli, C. La ricerca e sviluppo di nuovi farmaci nell'era dell'intelligenza artificiale. Come le compagnie farmaceutiche stanno esplorando e applicando l'intelligenza artificiale. Articolo consultabile al seguente [link](#)

²⁵⁴ Ibidem.

²⁵⁵ Kulkarni, V. S., Alagarsamy, V., Solomon, V. R., Jose, P. A., Murugesan, S. Drug Repurposing: An Effective Tool in Modern Drug Discovery. Russ J Bioorg Chem. Volume 49. N. 2. P.p. 157-166. (2023).

- **Validazione di farmaci candidati:** Utilizzando strumenti di IA, è possibile eseguire valutazioni rapide ed efficaci per confermare la potenzialità terapeutica dei candidati farmaceutici prima di progredire nelle fasi cliniche.
- **Progettazione di farmaci (*drug design*):** Le *start-up* sviluppano piattaforme che utilizzano l'IA per progettare nuovi farmaci a partire da dati molecolari e strutturali, migliorando l'efficacia e la specificità delle molecole²⁵⁶.
- **Pianificazione delle sperimentazioni precliniche:** L'IA assiste nella creazione di piani dettagliati per le sperimentazioni precliniche, ottimizzando risorse e tempi, e migliorando la qualità dei dati raccolti
- **Esecuzione di sperimentazioni precliniche:** Queste aziende forniscono supporto tecnologico per condurre sperimentazioni pre-cliniche in modo più efficiente e accurato, riducendo gli errori e accelerando i tempi di risposta.
- **Pianificazione delle sperimentazioni cliniche:** Le *start-up* utilizzano modelli predittivi per pianificare in modo ottimale le sperimentazioni cliniche, selezionando i parametri più promettenti e riducendo i rischi²⁵⁷.
- **Reclutamento di pazienti per sperimentazioni cliniche:** L'IA facilita il processo di reclutamento dei pazienti, identificando rapidamente i candidati più idonei e migliorando la qualità delle sperimentazioni cliniche²⁵⁸.
- **Ottimizzazione delle sperimentazioni cliniche:** Gli algoritmi di IA monitorano in tempo reale le sperimentazioni cliniche, permettendo correzioni rapide e migliorando l'efficacia complessiva dello studio.

²⁵⁶ Zhou, S. F., Zhong, W. Z. Drug Design & Discovery: Principles and Applications. Molecules. Volume 22. N. 2. (2017).

²⁵⁷ AIFA. Guida alla presentazione della domanda di autorizzazione alla Sperimentazione Clinica che preveda l'utilizzo di sistemi di Intelligenza Artificiale (AI) o di Machine Learning (ML). (2021). Consultabile al seguente [link](#).

²⁵⁸ Zompi, S. Intelligenza Artificiale applicata alla Ricerca clinica. Articolo consultabile al seguente [link](#).

- **Pubblicazione dei dati:** Infine, queste aziende assistono nella gestione e nella pubblicazione dei dati raccolti durante le sperimentazioni, garantendo che i risultati siano presentati in modo chiaro, completo e conforme alle normative.

3.6 I rischi dell'effettiva applicazione

L'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario rappresenta una delle frontiere più promettenti dell'innovazione tecnologica, ma porta con sé una serie di rischi che richiedono un'attenta riflessione. Da un lato, l'IA ha il potenziale di trasformare radicalmente la medicina migliorando la precisione diagnostica, personalizzando le terapie e ottimizzando la gestione delle risorse sanitarie. Dall'altro, però, questa tecnologia può introdurre nuove complessità e pericoli, che devono essere affrontati con consapevolezza²⁵⁹. In un settore dove la precisione è vitale, un errore commesso da un sistema di IA può avere esiti drammatici. La mancanza di trasparenza che caratterizza molti algoritmi, spesso descritti come “*scatole nere*”²⁶⁰, dove il processo decisionale è opaco e difficilmente interpretabile, rende difficile per i professionisti della salute comprendere e correggere eventuali errori, compromettendo la fiducia nella tecnologia. Questo può portare a situazioni in cui i medici fanno affidamento a raccomandazioni dell'IA senza comprendere pienamente le basi su cui queste si fondano, aumentando così il rischio di errori clinici. Se l'IA commette un errore di diagnosi o suggerisce un trattamento inappropriato, le conseguenze possono essere gravi, con impatti diretti sulla salute dei pazienti.

Quando si parla dell'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario, il rischio di *bias* e di discriminazione è uno dei più critici. Gli algoritmi di IA sono progettati per apprendere dai dati storici, e se questi dati contengono pregiudizi, l'IA

²⁵⁹ Galetta, D. U., Corvalán, J. G. Intelligenza Artificiale per una Pubblica Amministrazione 4.0? Potenzialità, rischi e sfide della rivoluzione tecnologica in atto. Federalismi. N. 3. P.p. 1-23. (2019).

²⁶⁰ Grignaffini, G. Intelligenza Artificiale e intersoggettività. Acta Semiotica. Volume 4. N. 7. P.p. 135-146. (2024).

potrebbe replicarli o addirittura amplificarli²⁶¹. Questo può portare a diagnosi, trattamenti e risultati sanitari iniqui, soprattutto per le minoranze etniche, le donne, le persone anziane e altri gruppi vulnerabili. Il *bias* negli algoritmi di IA in sanità può derivare da diverse fonti:

- **Dati di addestramento non rappresentativi:** Se i dati utilizzati per addestrare un algoritmo provengono principalmente da una popolazione specifica (ad esempio, soggetti maschi bianchi), l'IA potrebbe non funzionare altrettanto bene per altri gruppi²⁶². Questo è particolarmente problematico in un contesto globale, dove la diversità della popolazione è ampia²⁶³.
- **Bias nei dati clinici:** Anche i dati clinici possono essere intrinsecamente distorti. Ad esempio, studi medici e sperimentazioni cliniche spesso hanno una rappresentanza insufficiente di certi gruppi, come le donne o le minoranze etniche²⁶⁴. Se questi dati vengono utilizzati per addestrare un sistema di IA, il risultato potrebbe essere un modello che non riflette accuratamente la realtà di questi gruppi²⁶⁵.
- **Bias indotto dai modelli:** Anche se i dati di addestramento sono equilibrati, i modelli di IA possono introdurre *bias* a causa delle scelte fatte durante il processo di sviluppo, come la selezione delle variabili e il bilanciamento dei dati²⁶⁶.

Nonostante i rischi più generali dell'implementazione di sistemi di intelligenza artificiale, in parte già citati nei capitoli precedenti, vi sono alcuni rischi più specifici e

²⁶¹ Belpiede, A., Baldassarre, A., Bonaldi, F. et al. Etica e governance dell'intelligenza artificiale per la salute. Linee guida per i modelli multimodali di grandi dimensioni (LMM). Zadig. P.p. 41-45. (2024).

²⁶² --- Regulatory considerations on artificial intelligence for health. World Health Organization. P.p. 27-32. (2023).

²⁶³ EUPATI Toolbox. La statistica negli studi clinici: distorsione (bias). Articolo consultabile al seguente [link](#).

²⁶⁴ Ibidem.

²⁶⁵ Gianfrancesco, M. A., Tamang, S., Yazdany, J., Schmajuk, G. Potential Biases in Machine Learning Algorithms Using Electronic Health Record Data. JAMA Intern. Med. Volume 178. N. 11. P.p. 1544-1547. (2018).

²⁶⁶ Obermeyer, Z., Phil, M., Lee, T. H. Lost in thought: The limits of the human mind and the future of medicine. N. Engl. J. Med. Volume 377. P.p. 1209-1211. (2017).

peculiari del settore sanitario che richiedono una riflessione approfondita. Questi rischi derivano dalla natura altamente critica della sanità, dove ogni decisione può avere implicazioni dirette e significative sulla vita dei pazienti. Tra i rischi più tipici vi è la responsabilità legale dei medici, il cambiamento del rapporto medico paziente e la possibilità di sostituzione del lavoro umano da parte dell'IA.

3.6.1 Rapporto medico paziente

Nell'antichità, la medicina si basava fortemente sul rapporto tra medico e paziente, una relazione che era prima di tutto umana e solo in secondo luogo professionale²⁶⁷. Con l'avvento dell'Illuminismo, l'importanza delle evidenze scientifiche iniziò a prevalere, portando, da un lato a significativi progressi nelle cure, ma dall'altro a un graduale distacco nel rapporto tra medico e paziente, che divenne sempre più freddo e impersonale²⁶⁸.

Negli ultimi decenni, il rapporto tra medico e paziente ha iniziato a evolversi nuovamente, spinto dalla crescente consapevolezza dell'importanza di un approccio più integrato e umano alla cura. La medicina moderna, pur continuando a valorizzare le evidenze scientifiche, sta riscoprendo l'importanza di una relazione empatica e collaborativa²⁶⁹. L'attenzione si è spostata verso un modello di cura che vede il paziente non solo come un portatore di sintomi, ma come una persona con emozioni, esperienze e bisogni unici²⁷⁰. Questo cambiamento si riflette nell'adozione di pratiche come la medicina narrativa, che integra le storie personali dei pazienti nel processo di cura e nella sempre maggiore attenzione alla comunicazione, al supporto psicologico e alla partecipazione attiva del paziente nelle decisioni riguardanti la sua salute²⁷¹.

²⁶⁷ Piccolo, R. *Intelligenza Artificiale e Sanità Digitale*. Il Sileno Edizioni. P.p. 93-94. (2024).

²⁶⁸ Larghero, E., Lombardi Ricci, M. *La medicina narrativa. I presupposti, le applicazioni, le prospettive*. Effatà Editrice, Cantalupa. (2018).

²⁶⁹ Epstein, R. M., Street, R. L. The values and value of patient-centered care. *Annals of Family Medicine*. Volume 9. N. 2. P.p. 100-103. (2011).

²⁷⁰ Charon, R. *Narrative Medicine: Form, Function, and Ethics*. Volume 134. N. 1. (2001).

²⁷¹ Charon, R. *Narrative medicine: A model for empathy, reflection, profession, and trust*. *JAMA*. Volume 286. N. 15. P.p. 1897-1902. (2001).

Parallelamente a questa riscoperta dell'aspetto umano nella cura, stiamo assistendo all'introduzione e all'implementazione crescente di strumenti di intelligenza artificiale in ambito medico²⁷². Questi strumenti, che spaziano da algoritmi di diagnosi predittiva a sistemi di supporto decisionale basati su grandi quantità di dati clinici, stanno radicalmente trasformando il rapporto tra medico e paziente. Da un lato, l'IA offre opportunità senza precedenti per migliorare la precisione diagnostica e personalizzare i trattamenti, aumentando l'efficienza e riducendo i margini di errore²⁷³. Dall'altro, però, introduce nuove dinamiche che possono allontanare ulteriormente il medico dal paziente, sostituendo l'interazione umana con una mediazione tecnologica.

Questa trasformazione porta a un paradosso: mentre si cerca di recuperare il valore umano nella medicina, la crescente dipendenza dalla tecnologia potrebbe minare la connessione diretta tra medico e paziente. L'intelligenza artificiale, se non utilizzata con attenzione, rischia di ridurre la figura del medico a un semplice esecutore di indicazioni fornite da macchine, alterando la natura stessa del rapporto fiduciario su cui si basa la medicina. Tuttavia, se ben integrata, l'IA può anche liberare tempo prezioso per il medico, permettendogli di dedicare più attenzione alla relazione umana, che resta il fulcro di una cura efficace e compassionevole.

3.6.2 Sostituzione del lavoro

Spesso si considera l'intelligenza artificiale come una minaccia imminente e concreta per l'occupazione umana²⁷⁴. Questo timore non è del tutto infondato, specialmente in alcuni settori in cui l'automazione e l'IA stanno già trasformando profondamente le operazioni e, in alcuni casi, riducendo la necessità di manodopera

²⁷² Scaffardi, L. DPCE online. La medicina alla prova dell'Intelligenza Artificiale. Volume 1. P.p 49- 59. (2022).

²⁷³ Musacchio, N., Guaita, G., Ozzello, A., Pellegrini, M. A., Ponzani, P., Zilich, R., De Micheli, A. Intelligenza Artificiale e Big Data in ambito medico: prospettive, opportunità, criticità. The Journal of AMD. Volume del 21 marzo. P.p. 204- 218. (2018).

²⁷⁴ Campa, R. Automi e lavoratori: per una sociologia dell'intelligenza artificiale. Rassegna di studi interdisciplinari sulla tecnica e il postumano. Sestante Edizioni. Divenire. Volume 5. (2012).

umana²⁷⁵. Tuttavia, nel settore sanitario, tale preoccupazione sembra prematura e, sotto molti aspetti, infondata.

L'IA sta guadagnando terreno nella sanità, con applicazioni che spaziano dall'analisi avanzata delle immagini mediche alla diagnosi predittiva basata su *Big Data*²⁷⁶.

Gli algoritmi di *Machine Learning*, addestrati su vasti volumi di dati clinici, sono ora capaci di identificare patologie con una precisione che, talvolta, si avvicina a quella degli specialisti umani. Questo solleva interrogativi sul futuro dei professionisti sanitari: i medici e gli infermieri potrebbero essere sostituiti dalle macchine? La realtà è diversa. Anche se l'IA può svolgere compiti specifici con una velocità e precisione superiori a quelle umane, l'idea che possa sostituire completamente il lavoro umano in sanità è lontana dall'essere realtà. L'IA deve essere considerata come uno strumento di supporto piuttosto che come un sostituto²⁷⁷.

La sanità è un ambito complesso e profondamente umano, dove l'empatia, l'intuizione e l'interazione personale sono fondamentali nella cura dei pazienti. Questi aspetti del lavoro medico non possono essere replicati da un algoritmo, per quanto sofisticato.

Nonostante l'IA possa fornire diagnosi preliminari o suggerire opzioni terapeutiche basate su modelli statistici, sarà sempre il medico a prendere la decisione finale, tenendo conto non solo dei dati forniti dalla macchina, ma anche delle circostanze personali del paziente, delle sue preferenze e dei suoi valori. Questa interazione dinamica e complessa tra medico e paziente non è replicabile da una macchina.

Inoltre, l'IA può alleggerire il carico di lavoro dei professionisti sanitari automatizzando compiti ripetitivi e laboriosi, come la gestione delle cartelle cliniche e la

²⁷⁵ Peruzzi, M. Intelligenza artificiale e lavoro. Uno studio su poteri datoriali e tecniche di tutela. Giappichelli. P.p. 1-20. (2023).

²⁷⁶ Musacchio, N., Guaita, G., Ozzello, A., Pellegrini, M. A., Ponzani, P., Zilich, R., De Micheli, A. Intelligenza Artificiale e Big Data in ambito medico: prospettive, opportunità, criticità. The Journal of AMD. Volume 21. (2018).

²⁷⁷ Intelligenza artificiale e medicina: aspetti etici. Comitato Nazionale per la Bioetica, Parere Congiunto. Presidenza del Consiglio dei Ministri. P.p. 7-9. (2020). Consultabile al seguente [link](#).

codifica delle diagnosi²⁷⁸. Un ulteriore vantaggio dell'IA è la sua capacità di affrontare alcune delle sfide più urgenti della sanità moderna, come la carenza di personale medico e l'accesso diseguale ai servizi sanitari, in particolare nelle aree rurali o nei paesi in via di sviluppo, dove l'accesso ai medici specialisti è limitato. In tal senso, l'IA può fornire un enorme supporto, integrando e supportando il lavoro degli operatori sanitari locali.

Tuttavia, se esiste un'area della sanità che può essere messa a rischio dall'implementazione effettiva di questi strumenti tecnologici è quella infermieristica, in tal senso, gli infermieri potrebbero essere tra i più colpiti se venissero introdotti gli “infermieri *robot*” nelle strutture sanitarie²⁷⁹. Questi *robot*, dotati di intelligenza artificiale avanzata, potrebbero svolgere compiti attualmente eseguiti da esseri umani, come la somministrazione di farmaci, il monitoraggio dei parametri vitali e l'assistenza ai pazienti nelle attività quotidiane.

Anche se l'idea di *robot* infermiere può sembrare futuristica, essa sta diventando sempre più concreta, soprattutto in paesi come il Giappone²⁸⁰, dove la crescita della popolazione anziana e la carenza di personale sanitario spingono verso soluzioni innovative. In tale contesto, i *robot* infermieri potrebbero alleviare il carico di lavoro degli infermieri umani, occupandosi di compiti più semplici e ripetitivi, permettendo al personale umano di gestire casi più complessi e interagire direttamente con i pazienti.

Tuttavia, è importante sottolineare che, anche in questo scenario, l'introduzione di *robot* infermieri non comporterebbe una sostituzione totale del lavoro infermieristico umano. Sebbene i *robot* possano eseguire compiti specifici con efficienza e precisione, l'infermieristica rimane una professione strettamente legata all'interazione umana, all'empatia e alla capacità di adattarsi a situazioni mutevoli. Queste qualità, essenziali per il benessere e il *comfort* dei pazienti, non possono essere replicate da macchine, per quanto avanzate.

²⁷⁸ Vidali, M. Intelligenza Artificiale in Medicina: implicazioni e applicazioni, sfide e opportunità. *Biochimica Clinica*. Volume 48. N. 2. P.p. 129-141. (2024).

²⁷⁹ Ergin, E. Artificial intelligence and robot nurses: From nurse managers' perspective: A descriptive cross-sectional study. *Journal of Nursing Management*. Volume 30. N. 8. (2022).

²⁸⁰ Sanità: Giappone punta sui robot-infermieri. NURSING UP. Articolo consultabile al seguente [link](#).

Nonostante ciò, se l'integrazione di infermieri *robot* può essere vista come un pericolo da chi svolge tale professione, dall'altra potrebbe rappresentare una soluzione innovativa e necessaria per affrontare la crescente carenza di personale sanitario. Difatti, in molte aree del mondo, i sistemi sanitari affrontano sfide significative a causa della scarsità di infermieri e di altri professionisti della salute. Questo problema è particolarmente critico in aree rurali e in paesi con una popolazione in rapido invecchiamento, dove la domanda di assistenza supera di gran lunga l'offerta²⁸¹. In tale contesto, i *robot* infermieri potrebbero contribuire a ridurre il carico di lavoro che grava sul personale umano.

3.6.3 Responsabilità medica

L'integrazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario solleva una questione di primaria importanza riguardante l'attribuzione della responsabilità medica. Con questo concetto si intende “ *la responsabilità professionale di chi esercita un'attività sanitaria per i danni derivati al paziente da errori, omissioni o in violazione degli obblighi inerenti all'attività stessa.*”²⁸²

Tradizionalmente, la responsabilità medica è sempre stata attribuita ai medici e agli operatori sanitari che effettuano diagnosi e trattamenti, basandosi sul loro giudizio professionale e sulla loro competenza²⁸³. Tuttavia, con l'adozione crescente di sistemi di IA, la situazione cambia drasticamente. Quando un errore si verifica a seguito dell'uso di un algoritmo di IA - sia esso una diagnosi errata, una raccomandazione di trattamento inadeguata o un'altra forma di disagio- la domanda diventa: chi è responsabile? È il medico che ha seguito le indicazioni del sistema? Il produttore del *software*? O un'altra parte coinvolta nello sviluppo o nella gestione dell'IA?

²⁸¹ Deo, N., Anjankar, A. Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India. Springer Science and Business Media LLC. Cureus. (2023).

²⁸² Responsabilità medica. Altalex. Definizione consultabile al seguente [link](#).

²⁸³ Smorto, G. Responsabilità medica. Digesto delle Discipline Privatistiche. P.p. 640-672. (2013).

Quindi, dati questi tre interrogativi, la responsabilità può essere divisa tra vari attori:

- **Il medico:** Anche se utilizza un sistema di IA, il medico rimane responsabile per la supervisione e per l'integrazione delle raccomandazioni dell'IA nel contesto clinico. Deve garantire che le decisioni basate su IA siano appropriate e personalizzate per il paziente.
- **Il produttore dell'IA:** Se un errore è causato da un difetto nel *software* o da una progettazione inadeguata, il produttore del sistema potrebbe essere considerato responsabile. Tuttavia, la responsabilità del produttore dipende dalle leggi e dai contratti specifici²⁸⁴.
- **Gli sviluppatori e i programmatori:** Gli sviluppatori di IA possono essere ritenuti responsabili per eventuali *bug* o malfunzionamenti nel sistema, specialmente se questi sono causati da errori di progettazione o implementazione.

Nel contesto dell'IA, la responsabilità può diventare condivisa. I sistemi di IA spesso agiscono come supporto alla decisione, piuttosto che come sostituti del giudizio umano²⁸⁵.

Sebbene l'IA possa fornire raccomandazioni e analisi, la decisione finale e la responsabilità clinica restano al medico. Questa responsabilità condivisa implica che i medici debbano mantenere una supervisione attiva e critica delle raccomandazioni dell'IA, intervenendo, quando necessario, per adattare le decisioni al contesto specifico del paziente²⁸⁶. Le questioni di responsabilità legate all'IA hanno anche implicazioni significative per il diritto e l'assicurazione. Le polizze di assicurazione per responsabilità professionale devono evolversi per coprire i rischi associati all'uso di tecnologie di IA.

²⁸⁴ Sullins, J. When is a robot a moral agent. *International Review of Information Ethics*. Volume 6. N. 4. P.p. 23-30. (2006).

²⁸⁵ Habli, I., Lawton, T., Porter, Z. Artificial intelligence in health care: accountability and safety. *Bull World Health Organization*. Volume 98. N. 4. P.p. 251-256. (2020).

²⁸⁶ Ruffolo, U. *Intelligenza artificiale e responsabilità*. Milano. Giuffrè. P.p. 52 ss. (2018).

Le compagnie assicurative e i legali devono affrontare nuove sfide nella determinazione della copertura e nelle esclusioni relative agli errori causati da sistemi di IA.

Inoltre, le normative legali devono adattarsi per affrontare i problemi di responsabilità emergenti²⁸⁷. È essenziale sviluppare un quadro normativo chiaro che definisca come la responsabilità debba essere attribuita in casi che coinvolgono IA, garantendo protezione per i pazienti e chiarezza per i professionisti della salute.

²⁸⁷ Chi paga per l'algoritmo: le questioni ancora aperte su IA e responsabilità medica. Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).

Conclusioni

La presente tesi ha esaminato in dettaglio l'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario, analizzando le sue potenzialità, le sfide e le implicazioni normative. Attraverso un'analisi approfondita, abbiamo esplorato la storia e il funzionamento dell'IA, il contesto normativo e le principali aree di applicazioni della tecnologia, con un focus specifico sul settore della sanità. L'applicazione dell'intelligenza artificiale nel settore sanitario rappresenta uno degli sviluppi più promettenti e complessi della nostra era tecnologica. Attraverso l'analisi condotta in questa tesi è emerso chiaramente che l'IA offre opportunità straordinarie per migliorare la qualità delle cure, l'efficienza dei servizi sanitari e l'accesso alle innovazioni terapeutiche. Tuttavia, è altrettanto evidente che l'implementazione di queste tecnologie comporta una serie di sfide e rischi che devono essere gestiti con attenzione e responsabilità.

L'IA ha il potenziale di trasformare radicalmente il settore sanitario attraverso applicazioni che vanno dalla diagnostica alla gestione dei pazienti, fino alla ricerca farmacologica. I sistemi di IA possono analizzare grandi volumi di dati clinici, con una velocità e precisione superiori a quelle umane, permettendo così diagnosi più rapide e accurate. Ad esempio, gli algoritmi avanzati possono rilevare segni precoci di malattie come il cancro, migliorando le prospettive di trattamento e riducendo i tassi di mortalità. Inoltre, la capacità dell'IA di prevedere esiti clinici e ottimizzare la somministrazione delle cure rappresenta un progresso significativo nella personalizzazione dei trattamenti.

Nel contesto della Sanità 4.0, l'IA offre soluzioni innovative per la gestione delle risorse e per la cura dei pazienti in contesti remoti, ampliando l'accesso ai servizi sanitari e migliorando la qualità dell'assistenza. Inoltre, queste tecnologie possono facilitare la ricerca farmaceutica accelerando lo sviluppo di nuovi farmaci e terapie attraverso simulazioni e analisi predittive.

Nonostante le sue potenzialità, l'implementazione dell'IA nella sanità presenta diverse sfide. Una delle principali preoccupazioni è la gestione dei dati personali e sensibili dei pazienti. L'utilizzo di grandi quantità di dati per addestrare algoritmi di IA solleva questioni di *privacy* e sicurezza che devono essere affrontate attraverso rigorose

normative e pratiche di protezione dei dati. Inoltre, c'è il rischio di *bias* nei sistemi di IA, che potrebbe portare a disuguaglianze nell'accesso e nella qualità delle cure. È essenziale garantire che gli algoritmi siano sviluppati e testati in modo equo, per evitare discriminazioni e garantire risultati giusti per tutti i pazienti.

Un'altra sfida significativa riguarda l'impatto dell'IA sul rapporto medico-paziente. La crescente automazione e l'utilizzo di tecnologie avanzate potrebbero ridurre il contatto umano, che è fondamentale nella pratica medica. È imprescindibile trovare un equilibrio tra l'uso delle tecnologie e il mantenimento di un approccio umano ed empatico nella cura dei pazienti. Inoltre, l'introduzione dell'IA potrebbe influenzare il ruolo dei professionisti sanitari, sollevando interrogativi su come integrare efficacemente queste tecnologie nel loro lavoro senza compromettere la qualità del servizio.

Il quadro normativo e le regolamentazioni sono di primaria importanza per garantire un'adozione sicura ed efficace dell'IA nel settore sanitario. L'analisi delle normative europee e italiane ha evidenziato come il contesto legislativo possa influenzare positivamente o negativamente l'implementazione delle tecnologie. La legislazione deve essere sufficientemente flessibile per adattarsi ai rapidi cambiamenti tecnologici, ma al contempo rigorosa per proteggere i diritti dei pazienti e garantire la sicurezza delle tecnologie. Le normative devono inoltre incentivare l'innovazione senza compromettere la qualità e l'integrità delle cure.

In particolare, l'AI Act rappresenta un passo importante verso una regolamentazione che bilanci il progresso tecnologico con la protezione dei diritti umani e la sicurezza dei pazienti. È necessario che le politiche pubbliche evolvano insieme alle tecnologie, prevedendo aggiornamenti normativi che rispondano alle nuove sfide e opportunità che l'IA porta con sé.

Guardando al futuro, è evidente che l'IA continuerà a evolversi e a integrarsi in vari aspetti del settore sanitario. L'uso di algoritmi avanzati e di *Machine Learning* potrebbe rivoluzionare ulteriormente la diagnosi precoce e il trattamento delle malattie. Ad esempio, l'IA potrebbe migliorare la capacità di rilevamento di malattie rare o complesse attraverso analisi predittive sempre più sofisticate. La personalizzazione dei trattamenti, grazie all'analisi dei dati genetici e clinici dei pazienti, potrebbe diventare la

norma, consentendo terapie su misura che rispondano meglio alle specifiche esigenze individuali.

Inoltre, le tecnologie basate sull'IA potrebbero ampliare notevolmente l'accesso alle cure in aree remote o in condizioni di scarsità di risorse. Le soluzioni di telemedicina e i sistemi di supporto decisionale potrebbero rendere le cure più accessibili e tempestive, riducendo le disuguaglianze sanitarie e migliorando la qualità della vita in contesti svantaggiati.

Con l'avanzare dell'IA nel settore sanitario, le sfide normative ed etiche diventeranno sempre più rilevanti. La protezione dei dati personali dei pazienti rimane una priorità assoluta. Le normative dovranno essere continuamente aggiornate per garantire che i dati siano trattati con la massima sicurezza e riservatezza. Inoltre, sarà fondamentale affrontare il problema del *bias* nei sistemi di IA, assicurandosi che le tecnologie non perpetuino disuguaglianze esistenti ma piuttosto contribuiscano a una sanità equa e inclusiva.

Le questioni etiche riguardanti il rapporto medico-paziente e l'automazione delle decisioni cliniche dovranno essere trattate con grande attenzione. È essenziale garantire che l'IA supporti e non sostituisca l'elemento umano nella cura, preservando la dimensione empatica e relazionale della medicina. L'equilibrio tra tecnologia e umanità sarà fondamentale per mantenere la fiducia e la qualità nella relazione terapeutica.

Per affrontare con successo le sfide future, sarà necessario un cambiamento significativo nella formazione degli operatori sanitari. I professionisti della salute dovranno acquisire competenze non solo nell'utilizzo delle nuove tecnologie, ma anche nella loro integrazione pratica, nelle decisioni cliniche e nelle strategie di cura. La formazione continua e la collaborazione interdisciplinare diventeranno fondamentali per garantire che le tecnologie emergenti siano utilizzate in modo efficace e sicuro.

Inoltre, i futuri operatori sanitari dovranno essere preparati a gestire i cambiamenti organizzativi e culturali che l'IA comporterà. L'accettazione e l'adozione delle tecnologie da parte degli operatori sanitari richiederanno un adattamento delle pratiche della mentalità, orientato verso una sinergia tra competenze umane e intelligenza artificiale.

Il futuro dell'IA nella sanità non è solo una questione di innovazione tecnologica, ma anche di visione globale e collaborazione internazionale. La condivisione delle conoscenze e delle migliori pratiche tra paesi e istituzioni sarà fondamentale per massimizzare i benefici dell'IA. Le sfide globali come le pandemie e le malattie emergenti, richiedono risposte coordinate e l'uso di tecnologie avanzate per garantire una risposta sanitaria efficace e tempestiva.

Le collaborazioni internazionali possono accelerare la ricerca e lo sviluppo di soluzioni innovative, migliorando la capacità di affrontare le sfide sanitarie globali. È essenziale promuovere la cooperazione tra i settori pubblico e privato, le università, le organizzazioni non governative e le istituzioni sanitarie, al fine di creare un ecosistema favorevole all'innovazione e alla sostenibilità.

Bibliografia

--- AI, HLEG. High-level expert group on artificial intelligence. Ethics guidelines for trustworthy AI. P.p. 4-8. (2019).

--- Language and Machines: Computers in Translation and Linguistics, a report by the Automatic Language Processing Advisory Committee. Division of Behavioural Sciences. National Academy of Sciences, National Research Council. Washington DC. (1966).

--- Regulatory considerations on artificial intelligence for health. World Health Organization. P.p. 27-32. (2023).

Abràmoff, M. D., Lou, Y., Erginay, A., Clarida, W., Amelon, R., Folk, J. C., Niemeijer, M. Improved automated detection of diabetic retinopathy on a publicly available dataset through integration of deep learning. Investigative Ophthalmology & Visual Science. N. 57. P.p. 5200-5206. (2016).

Avanzini, G. Decisioni amministrative e algoritmi informatici. Predeterminazione analisi predittiva e nuove forme di intelligibilità. IRPA. P.p. 14 ss. (2019).

Ballarino, G. La legge sulla Buona scuola. Un commento. Politiche Sociali. Fascicolo 1, gennaio-aprile. Il Mulino – Riviste-web. (2016).

Bashshur, L., Reardon, T., Shannon, G. W. Telemedicine: a new health care delivery system. Ann Rev. Public Health. Volume 21. P.p. 613-637. (2000).

Basu, S., Bilenko, M., Mooney, R. J. A probabilistic framework for semi-supervised clustering. Proceedings of the Tenth ACM SIGKDD. International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining. P.p. 59-68. (2004).

Bazzocchi, L. Intelligenza artificiale e sistemi esperti. Rivista trimestrale di analisi e critica. Nuova Civiltà delle Macchine. P.p. 4-12. (1988).

Belpiede, A., Baldassarre, A., Bonaldi, F. et al. Etica e governance dell'intelligenza artificiale per la salute. Linee guida per i modelli multimodali di grandi dimensioni (LMM). Zadig. P.p. 29-45. (2024).

- Berner, E. S., La Lande, T. J. Overview of Clinical Decision Support Systems. *Clinical Decision Support Systems*. P. 3-22. (2007).
- Bhati, D., Deogade, M. S., Kanyal, D. Improving Patient Outcomes Through Effective Hospital Administration: A Comprehensive Review. *Cureus*. Volume 15. N. 10. (2023).
- Bilenko, M., Basu, S., Mooney, R. J. Integrating constraints and metric learning in semi-supervised clustering. *Proceedings of the twenty-first international conference on Machine Learning*. P.p. 81-88. (2004).
- Binzoni, A. Modelli di Deep Learning per la generazione di Linguaggio Naturale. *Alma Mater Studiorum. Università di Bologna*. P.p. 1-17. (2021).
- Bourreau, M., De Streel, A., Graef, I. Big Data e politica della concorrenza: potere di mercato, prezzi personalizzati e pubblicità. *Centre on Regulation in Europe*. P.p. 29-38. (2017).
- Bright, T. J., Wong, A., Dhurjati, R., Bristow, E., Bastian, L., Coeytaux, R. R. et al. Effect of clinical decision-support systems: a systematic review. *Ann Intern Med*. N. 157. P.p. 29-43. (2012).
- Campa, R. Automi e lavoratori: per una sociologia dell'intelligenza artificiale. *Rassegna di studi interdisciplinari sulla tecnica e il postumano*. Sestante Edizioni. Divenire. Volume 5. (2012).
- Campbell, M., Hoane, A. J., Hsu, F. H. Deep Blue. *Artificial Intelligence*. Volume 134. P.p. 57–83. (2002).
- Cancela Outeda, C. The EU's AI act: A framework for collaborative governance. *Elsevier. Internet of Things*. Volume 27. P.p. 7-9. (2024).
- Cantù, P., Testa, I. Algoritmi e argomenti. La sfida dell'intelligenza artificiale. *Il Mulino-Riviste web. Sistemi intelligenti*. Fascicolo 3. P.p. 396 – 405. (2012).
- Cappelletti, P. Medicina 4.0. Un'Introduzione. *La Rivista Italiana della Medicina di Laboratorio*. Volume 14. P.p. 131-135. (2018).
- Capuzza, V. et al. La buona scuola: introduzione alla riforma dell'istruzione italiana. *Giappichelli Editore*. (2016).

- Carraro, G. et al. Finanza, big data e vantaggi concorrenziali. Editrice Minerva Bancaria. P.p. 11-17. (2018).
- Casonato, C. Marchetti, B. Prime osservazioni sulla proposta di regolamento dell'Unione Europea in materia di intelligenza artificiale. BioLaw Journal. P.p. 9-11. (2021).
- Casonato, C. Costituzione e intelligenza artificiale: un'agenda per il prossimo futuro. BioLaw. Edizione dicembre. P.p. 711-725. (2019).
- Cersosimo, G., Rauty, R. Riflessioni sul controllo sociale: dalla normalità della devianza alla normalità della malattia. Filiarmonici. P. 3. (2000).
- Chahal, A., Preeti G. Machine Learning e Deep Learning. Rivista internazionale di tecnologia innovativa ed esplorazione dell'ingegneria. Volume 8. P.p. 4910-4914. (2019).
- Charon, R. Narrative Medicine: Form, Function, and Ethics. Volume 134. N. 1. (2001).
- Charon, R. Narrative medicine: A model for empathy, reflection, profession, and trust. JAMA. Volume 286. N. 15. P.p. 1897-1902. (2001).
- Chilelli, E. L'intelligenza artificiale e la trasformazione digitale nella sanità. Rivista elettronica di diritto, economia e management. Volume. 4. P. 51-58. (2023).
- Chiu, K. C., Xu, L. Arbitrage pricing theory-based Gaussian temporal factor analysis for adaptive portfolio management. Decision Support Systems. Volume 37. P.p. 485-500. (2004).
- Cibella, E. Il Principio di precauzione nell'ambiente digitale. PA PERSONA E AMMINISTRAZIONE, ricerche Giuridiche sull'Amministrazione e l'Economia. P.p. 511-536. (2023).
- Cirone, E. L'AI Act e l'obiettivo (mancato?) di promuovere uno standard globale per la tutela dei diritti fondamentali. Quaderni AISDUE - Rivista quadrimestrale. Fascicolo speciale N. 2. La nuova disciplina UE sull'intelligenza artificiale. (2024).
- Clark, L. A., Pregibon, D. Tree-based models. Statistical models in S. Routledge. P.p. 377-419. (2017).

Colombo, M., Rozzini, R. Intelligenza Artificiale in medicina: storia, attualità e futuro. LA RELAZIONE MEDICO-PAZIENTE È IN CRISI?. Associazione Italiana Psicogeriatria. (2019).

Contissa, G., Galli, F., Gordano, F., Sartor, G. Il Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale. Rivista di Scienze Giuridiche, Scienze Cognitive e Intelligenza Artificiale. Rivista semestrale online. N. 2. P.p. 17-18. (2021).

Cormen, T. H. et al. Introduzione agli algoritmi e strutture dati. McGraw-Hill. Milano. Volume 3. (2010).

Coscioni, E., Mantoan, D. Telemedicina e intelligenza artificiale. Monitor. Elementi di analisi e osservazione del sistema salute. Indicazioni nazionali per l'erogazione di prestazioni in telemedicina. Accordo Stato-Regioni. P.p. 70-71. (2021) .

Costa, L. Privacy and the precautionary principle. Computer Law & Security Review. Volume 28. P.p. 14-24. (2012).

Crevier, D. AI: The Tumultuous Search for Artificial Intelligence. Basic Books. New York. P. 110. (1993).

Curtis, C., Shah, S. P., Chin, S. F., Turashvili, G., Rueda, O. M., Dunning, M. J., Speed, D., Lynch, A. G., et al. The genomic and transcriptomic architecture of 2,000 breast tumors reveals novel subgroups. Nature. N. 486. P.p. 346-352. (2012).

D'Acquisto, G. Intelligenza artificiale. G. Giappichelli Editore. Capitolo I. (2021).

Dautov, R., Distefano, S. Quantifying volume, velocity, and variety to support (Big) data intensive application development. IEEE International Conference on Big Data. Boston. P.p. 2843–2852. (2017).

Davenport, T., Kalakota, R. The potential for artificial intelligence in healthcare. Future Healthcare Journal. Volume 6. N. 2. P.p. 94-98. (2019).

De Angelis, L., Frontori, G., Lucchetti, F., Renzulli, F., Salamone, F. La gestione da remoto del paziente anziano con dolore. Clinical Practice. Clinical Cases Magazine. P.p. 3-5. (2021).

De Mauro, A., Greco, M., Grimaldi, M. Una definizione formale dei Big Data basata sulle sue caratteristiche essenziali. *Library Review*. Volume 65. P.p. 122-135. (2016).

De Rouck, F. Moral rights & AI environments: the unique bond between intelligent agents and their creations. *Journal of Intellectual Property Law & Practice*. Volume 14. N. 4. (2019).

Deo, N., Anjankar, A. Artificial Intelligence With Robotics in Healthcare: A Narrative Review of Its Viability in India. Springer Science and Business Media LLC. Cureus. (2023).

Di Masi, J. A., Grabowski, H. G., Hansen, R. W. Innovation in the pharmaceutical industry: New estimates of R&D costs. *Journal of Health Economics*. Volume 47. P.p. 20-33. (2016).

Dijk, G. Predicting Recidivism Risk Meets AI Act. *European Journal on Criminal Policy and Research*. P.p. 410-413. (2022).

Dreyfus, H. L. *Alchemy and Artificial Intelligence*. (1965). Consultabile al seguente [link](#)

Dreyfus, H. L. *What Computers Can't Do; A Critique of Artificial Reason*. Harper & Row. New York. (1972).

Dubey, A., Tiwari, A. Artificial intelligence and remote patient monitoring in US healthcare market: a literature review. *Journal of Market Access & Health Policy*. N.11. (2023).

Edwards, L. The EU AI Act: a summary of its significance and scope. Ada Lovelace Institute. (2022).

El Falah, Z., Rafalia, N., Abouchabaka, J. An Intelligent Approach for Data Analysis and Decision Making in Big Data: A Case Study on E-commerce Industry. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. Volume 12. N. 7. (2021).

Epstein, R. M., Street, R. L. The values and value of patient-centered care. *Annals of Family Medicine*. Volume 9. N. 2. P.p. 100-103. (2011).

Ergin, E. Artificial intelligence and robot nurses: From nurse managers' perspective: A descriptive cross-sectional study. *Journal of Nursing Management*. Volume 30. N. 8. (2022).

Falletta, P., Marsano, A. Intelligenza artificiale e protezione dei dati personali: il rapporto tra Regolamento europeo sull'intelligenza artificiale e GDPR. *Rivista italiana di informatica e diritto. Periodico internazionale del CNR-IGSG*. P.p. 126-129. (2024).

Fameli, E. Modelli di "sistemi esperti integrati" nel diritto: problemi di configurazione e metodologia di sviluppo. *Informatica e diritto. XXI annata*. Volume 4. N. 1. P.p. 191-239. (1995).

Fasan, M. La tecnologia ci salverà? Intelligenza artificiale, salute individuale e salute collettiva ai tempi del Coronavirus. *BioLaw Journal*. P.p. 677-683. (2020).

Ferrari, V. Note socio-giuridiche introduttive per una discussione su diritto, intelligenza artificiale e big data. (2020). Consultabile al seguente [link](#).

Finocchiaro, G. La proposta di Regolamento sull'Intelligenza Artificiale: il modello Europeo basato sulla gestione del rischio. *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*. P.p. 303-322. (2022).

Fiordelisi, M. DM77: i nuovi modelli territoriali, digital health e domiciliarità delle cure alla luce del PNRR. Reportage XLIII Congresso Nazionale SIFO – Main session. (2022).

Galetta, D. U., Corvalán, J. G. Intelligenza Artificiale per una Pubblica Amministrazione 4.0? Potenzialità, rischi e sfide della rivoluzione tecnologica in atto. *Federalismi*. N. 3. P.p. 1-23. (2019).

Ghahramani, Z. Unsupervised Learning (2004). In: Bousquet, O., von Luxburg, U., Rätsch, G. (eds). *Advanced Lectures on Machine Learning. Lecture Notes in Computer Science*. Springer, Berlin, Heidelberg. Volume 3176. P.p. 72 – 112. (2003).

Gianfrancesco, M. A., Tamang, S., Yazdany, J., Schmajuk, G. Potential Biases in Machine Learning Algorithms Using Electronic Health Record Data. *JAMA Intern. Med*. Volume 178. N. 11. P.p. 1544-1547. (2018).

- Giannaccari, A. La storia dei Big Data, tra riflessioni teoriche e primi casi applicativi, in *Mercato Concorrenza Regole. Rivista quadrimestrale. Volume 2. P.p. 307-332. (2017).*
- Giusti, E. *Intelligenza artificiale e sistema sanitario. Università degli Studi di Perugia. (2019).*
- Goodfellow, I., Bengio Y., Courville, A. *Deep Learning. MIT Press. (2016).*
- Griggs, R. C., Batshaw, M., Dunkle, M., Gopal-Srivastava, R., Kaye, E., Krischer, J., Nguyen, T., Paulus, K., Merkel, P. A. Rare Diseases Clinical Research Network. *Clinical research for rare disease: opportunities, challenges, and solutions. Mol Genet Metab. N. 96. (2008).*
- Grignaffini, G. *Intelligenza Artificiale e intersoggettività. Acta Semiotica. Volume 4. N. 7. P.p. 135-146. (2024).*
- Guarda, P., Petrucci, L. Quando l'intelligenza artificiale parla: assistenti vocali e sanità digitale alla luce del nuovo regolamento generale in materia di protezione dei dati. *Rivista di Biodiritto. Volume 2. P.p. 425-446. (2020).*
- Gutierrez, G. *Artificial Intelligence in the Intensive Care Unit. Critical Care. Volume 24. N. 101. (2020).*
- Habli, I., Lawton, T., Porter, Z. *Artificial intelligence in health care: accountability and safety. Bull World Health Organization. Volume 98. N. 4. P.p. 251-256. (2020).*
- Hansen, M. M., Miron-Shatz, T., Lau, A. Y., Paton, C. *Big Data in Science and Healthcare: A Review of Recent Literature and Perspectives. Contribution of the IMIA Social Media Working Group. (2014).*
- Hashimoto, D. A., Rosman, G., Rus, D., Meireles, O. R. *Artificial Intelligence in Surgery: Promises and Perils. Ann Surg. N.268. P.p. 70-76. (2018).*
- Haugeland, J. *Artificial Intelligence: The Very Idea. MIT Press. (1985).*
- Hebb, D. O. *The organization of behavior: a neuropsychological theory. Wiley. (1949).*
- Hewett, D. G., Watson, B. M., Gallois, C., Ward, M., Leggett, B. A. *Intergroup communication between hospital doctors: implications for quality of patient care. Soc. Sci. Med. N.12. P.p. 1732-1740. (2009).*

Hillis, D., McCarthy, J., Mitchell, T. M., Mueller, E. T., Riecken, D., Sloman, A., Winston, P. H. In Honor of Marvin Minsky's Contributions on his 80th Birthday. *AI Magazine*. Volume 28. Number 4. (2007).

Hsu, F. H. *Behind Deep Blue*. Princeton University Press. (2002).

Italiano, F. G. Le sfide interdisciplinari dell'Intelligenza artificiale. *Analisi Giuridica dell'Economia*. Fascicolo 1 giugno. *Il Mulino-Rivisteweb*. P.p. 14-17. (2019).

Johnson, A. E. W., et al. Machine learning and decision support in critical care. *Proceedings of the IEEE*. N. 104. P.p. 444-466. (2016).

Junaid, S. B., Imam, A. A. et al. Recent Advancements in Emerging Technologies for Healthcare Management Systems: A Survey. *Healthcare*. Volume 10. (2022).

Kansagara, D., Englander, H., Salanitro, A., Kagen, D., Theobald, C., Freeman, M., Kripalani, S. Risk Prediction Models for Hospital Readmission. A Systematic Review. *Jama*. N. 306. P.p. 1688-1698. (2011).

Kelemen, J. From Artificial Neural Networks to Emotion Machines with Marvin Minsky. *Acta Polytechnica Hungarica*. Volume. 4. N. 4. (2007).

Kulkarni, V. S., Alagarsamy, V., Solomon, V. R., Jose, P. A., Murugesan, S. Drug Repurposing: An Effective Tool in Modern Drug Discovery. *Russ J Bioorg Chem*. Volume 49. N. 2. P.p. 157-166. (2023).

Larghero, E., Lombardi Ricci, M. La medicina narrativa. I presupposti, le applicazioni, le prospettive. Effatà Editrice. Cantalupa. (2018).

Laux, J., Wachter, S., Mittelstadt, B. Trustworthy artificial intelligence and the European Union AI act: On the conflation of trustworthiness and acceptability of risk. *Regulation & Governance* 18.1. P.p. 7-12. (2024).

LeCun, Y., Bengio Y., Hinton, G. Deep learning. *Nature*. Volume 521. P.p. 436–444. (2015).

Li, J., Carayon, P. Health Care 4.0: A Vision for Smart and Connected Health Care. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*. (2021).

Lies, J. Marketing Intelligence and Big Data: Digital Marketing Techniques on their Way to Becoming Social Engineering Techniques in Marketing. *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*. Volume 5. P.p. 134 - 140. (2019).

Lighthill, J. Artificial Intelligence: A General Survey, in *Artificial Intelligence: a paper symposium*. Science Research Council. (1973).

Liu, Q., Wu, Y. Supervised Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. Springer, Boston, MA. Norbert, M. Seel Editor. P.p. 3243-3246. (2012).

Longo, G. Big Data e intelligenza artificiale: che futuro ci aspetta? *Scienze e filosofia*. N. 20. P.p. 12 – 63. (2018).

Lombi, L., Moretti, V. Salute digitale e «big data» in sanità. *Il Mulino Editore*. P.p. 349-365. (2020).

Maino, F. Il sistema sanitario italiano tra contenimento della spesa, malasanità e politicizzazione. *Politica in Italia: i fatti dell'anno e le interpretazioni*. Il Mulino. P.p. 241-260. (2009).

Malva, A., Priami, C., Turchetti, G., Pelliccia, A., Dall'Olio, G., Recchia, G. Applicazione dell'Intelligenza artificiale ai processi di Ricerca & Sviluppo Preclinico del farmaco. *Tendenze Nuove*. Volume 1. P.p. 1-21. (2019).

Manheim, K., Kaplan, L. Artificial Intelligence: Risks to Privacy and Democracy. *The Yale Journal of law & technology*. Volume 21. (2019).

Mantelero, A. Big Data: i rischi della concentrazione del potere informativo digitale e degli strumenti di controllo. *Il diritto dell'informazione e dell'informatica*. Fascicolo 1. P.p. 135-144. (2012).

Marthews, A., Tucker, C. Government Surveillance and Internet Search Behavior. *Rivista elettronica SSRN*. (2017).

Mattassoglio, F. Algoritmi e regolazione. Circa i limiti del principio di neutralità tecnologica. *Rivista della Regolazione dei Mercati*. Fascicolo 2. P. 230. (2018).

McCarthy, J. What is Artificial Intelligence?. *Computer Science Department*. Stanford University. (2007).

McCarthy, J., Hayes P. J. Some philosophical problems from the standpoint of artificial intelligence. Meltzer, B., Michie, D. Editor. Machine Intelligence. Edinburgh University Press. Volume 4. (1969).

McCarthy, J., Minsky, M. L., Rochester, N., Shannon, C. E. A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. AI Magazine. Volume 27. (1955).

McCorduck, P. (1979). Machines Who Think. A Personal Inquiry into the History and Prospects of Artificial Intelligence. (1979). Seconda edizione, a cura di Peters A. K. Massachusetts. P.p. 211-239. (2004).

McCulloch, W. S., Pitts, W. A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity. Bulletin of Mathematical Biophysics. Volume 5. P.p. 115-133. (1943).

McKinsey & Company. 10 imperatives for Europe in the age of AI and automation. Report for the European Union Heads of State Tallinn Digital Summit. McKinsey Global Institute. (2017).

Miller, R. A., McNeil, M. A., Challinor, S., Masarie, F. E. Jr, Myers, J. D. Internist-I, quick medical reference project-status report. West J Med. P.p. 816-822. (1986).

Minsky, M. The Society of Mind. Simon & Schuster Editore. (1988).

Mitchell, T. M. Machine Learning. McGraw-Hill. (1997).

Mnih, V., et al. Human-level control through deep reinforcement learning. Nature. Volume 518. P.p. 529–533. (2015).

Mökander, J., Juneja, P., Watson, D. S. et al. The US Algorithmic Accountability Act of 2022 vs. The EU Artificial Intelligence Act: what can they learn from each other?. Minds and Machines. 18 agosto. P.p. 751-758. (2022).

Musacchio, N., Guaita, G., Ozzello, A., Pellegrini, M. A., Ponzani, P., Zilich, R., De Micheli, A. Intelligenza Artificiale e Big Data in ambito medico: prospettive, opportunità, criticità. The Journal of AMD. Volume di marzo. P. 210. (2018).

- Nalbandian, L. Using Machine-Learning to Triage Canada's Temporary Resident Visa Applications. Working Paper N.9. Ryerson Centre for Immigration and Settlement (RCIS) and the CERC in Migration and Integration. P. 4. (2021).
- Napoli, C. Algoritmi, intelligenza artificiale e formazione della volontà pubblica: la decisione amministrativa e quella giudiziaria. *Rivista italiana dei Costituzionalisti*. N. 3. P. 338. (2020).
- Negrotti, M. Un mondo di ipotesi: vizi e virtù della ragione nel terzo millennio. Armando Editore. P. 111. (2010).
- Newborn, M. Deep Blue: An Artificial Intelligence Milestone. Springer. (2003).
- Newell, A., Simon H. A, Shaw, J. C. Elements of a theory of human problem solving. Carnegie Institute of Technology. P.p. 151-166. (1958).
- Newell, A. A guide to the general problem-solver program GPS-2-2, prepared for United States air force project rand. The Rand Corporation. P. 9. (1963).
- Newman, M. W., O' Dwyer, L. C., Rosenthal, L. Predicting delirium: a review of risk-stratification models. *General Hospital Psychiatry*. N. 37. P.p. 408–413. (2015).
- O' Neil, C. Armi di distruzione matematica. Come i big data aumentano la disuguaglianza e minacciano la democrazia. Bompiani Editore. (2017).
- Obermeyer, Z., Phil, M., Lee, T. H. Lost in thought: The limits of the human mind and the future of medicine. *Engl. J. Med.* Volume 377. P.p. 1209-1211. (2017).
- Outeda, C. C. The EU's AI act: A framework for collaborative governance. Elsevier. *Internet of Things*. Volume 27. P.p. 7-9. (2024).
- Panigutti, C., Hamon, R., Hupont, I., Fernandez Llorca, D., Yela, D. F., Junklewitz, H., Scalzo, S., Mazzini, G., Sanchez, I., Garrido, J. S., Gomez, E. The role of explainable AI in the context of the AI Act. In *ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency*. Chicago, USA. P.p. 1139-1150. (2023).
- Peleo, P. Assistenza sanitaria e sistema sanitario. *European Journal of Public Health Studies*. Volume 1. N.1. (2019).

- Pellicanò, G. Sanità digitale, stato dell'arte e prospettive future. SMART Elab. Volume 14. P.p. 1-2. (2019).
- Perou, C. M., Sørlie, T., Eisen, M. B., van de Rijn, M., Jeffrey, S. S., Rees, C. A., Pollack, J. R., et al. Molecular portraits of human breast tumours. *Nature*. N. 406. (2000).
- Peruzzi, M. Intelligenza artificiale e lavoro. Uno studio su poteri datoriali e tecniche di tutela. Giappichelli. P.p. 1-20. (2023).
- Peter, N. G., Forke, C. M., Ginsburg, K. R., Schwarz, D. F. Transition from pediatric to adult care: internists' perspectives. *Pediatrics*. Volume 123. P.p. 417-423. (2009).
- Piccolo, R. Intelligenza artificiale e Sanità Digitale. Il Sileno Edizioni. P.p. 93-94. (2024).
- Pinker, S. How the mind works. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Volume 882. P.p. 119-127. (1999).
- Ramgopal, S., Sanchez-Pinto, L. N., Horvat, C. M., Carroll, M. S., Luo, Y., Florin, T. A. Artificial intelligence-based clinical decision support in pediatrics. *Pediatr Res*. Volume 2. P.p. 334-341. (2023).
- Rodin, G., Mackay, J. A., Zimmermann, C., Mayer, C., Howell, D., Katz, M., Sussman, J., Brouwers, M. Clinician-patient communication: a systematic review. *Support Care Cancer*. N. 17. P.p. 227-644. (2009).
- Romero-Brufau, S., Wyatt, K. D., Boyum, P., Mickelsona, M., Moore, M., Cognetta-Rieke, C. A lesson in implementation: A pre-post study of providers' experience with artificial intelligence-based clinical decision support. *International Journal of Medical Informatics*. Volume 137. (2020).
- Rosenblatt, F. The Perceptron, a probabilistic model for information storage and organization in the brain. *Psychological Review*. Volume 65. N. 6. P.p. 386-408. (1958).
- Ruffolo, U. Intelligenza artificiale e responsabilità. Milano. Giuffrè. (2017).
- Ruoppo, R. L'Applicazione dell'Intelligenza Artificiale nella realtà clinica dell'Alzheimer. *Rivista online I luoghi della cura*. N. 3. P.p. 1-2. (2024).
- Ruscheimer, H. AI as a challenge for legal regulation – the scope of application of the artificial intelligence act proposal. *ERA Forum*. P.p. 367- 370. (2023).

- Russel, B., Whitehead A. N. Principia Mathematica. Cambridge University Press. (1910).
- Russel, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Third Edition. Stuart Russell and Peter Norvig, Editors. P.18 ss. (1995).
- Salcedo-Sanz, S., Pérez-Aracil, J., Ascenso, G. et al. Support vector machines in engineering: an overview. Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery 4.3. P.p. 234–267. (2014).
- Sanguinetti, G. Machine Learning: accuratezza, interpretabilità e incertezza. Machine Learning Uncertainty. Ithaca: Viaggio nella Scienza. Volume 16. P. 78. (2020).
- Sartor, G. L'intelligenza artificiale e il diritto. Giappichelli Editore. P. 59. (2022).
- Scaffardi, L. DPCE online. La medicina alla prova dell'Intelligenza Artificiale. P.p 49-59. Volume 1. (2022).
- Scardera, C. Tecniche di big data analytics per la gestione delle filiere logistico produttive. Università Politecnica delle Marche. Dipartimento di Ingegneria Gestionale. P.p 34-35. (2020).
- Schmidhuber, J. Deep learning in neural networks: An overview. Neural Networks. Volume 61. P.p. 85– 117. (2015).
- Sciacchitano, F. Disciplina e utilizzo degli Open Data in Italia in Media Laws. P.p. 281–314. (2019).
- Searle, J. R. Minds, brains, and programs. Behavioral and Brain Sciences. University of California. Berkeley. P.p. 417-424. (1980).
- Simon, H. Models of My Life. Cambridge, MA. MIT Press. P. 206. (1996).
- Siler, D. et al. Mastering Chess and Shogi by Self-Play with a General Reinforcement Learning Algorithm. (2017).
- Smorto, G. Responsabilità medica. Digesto delle Discipline Privatistiche. P.p. 640-672. (2013).
- Sullins, J. When is a robot a moral agent. International Review of Information Ethics. Volume 6. N. 4. P.p. 23-30. (2006).

- Sutton, R. S., Barto, A. G. Reinforcement Learning: An Introduction. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts. P.p. 2-25. (2015).
- Tommasi, S. Intelligenza artificiale: il rischio come opportunità. Rivista IRIS. (2022).
- Tozzi, A. E. L'intelligenza artificiale per il pediatra. Area Pediatrica. Volume 25. P.p. 38-44. (2024).
- Tozzi, A. E. Introduzione all'intelligenza artificiale in medicina per il personale sanitario. Accademia per la sanità digitale. P.p. 26-29. (2022).
- Turing, A. M. Can digital computers think? (1951). In Copeland B.J. trad. it. I calcolatori digitali possono pensare?. Sistemi Intelligenti. Volume 10. P.p. 24 ss. (2004).
- Vidali, M. Intelligenza Artificiale in Medicina: implicazioni e applicazioni, sfide e opportunità. Biochimica Clinica. Volume 48. N. 2. P.p. 129-141. (2024).
- Vogt, P. The physical symbol grounding problem. Action editor: Tom Ziemke. Cognitive Systems Research. Volume 3. P.p. 429–457. (2002).
- Volpato, A. Il ruolo delle norme armonizzate nell'attuazione del regolamento sull'intelligenza artificiale. In Quaderni AISDUE, Rivista quadrimestrale. (2024).
- Vora, L. K., Gholap, A. D., Jetha, K., Thakur, R. R. S., Solanki, H. K., Chavda, V. P. Artificial Intelligence in Pharmaceutical Technology and Drug Delivery Design. Yu Chul Kim, Academic Editor. (2023).
- Wilson & Daugherty. Collaborative Intelligence: Humans and AI Are Joining Forces. Harvard Business Review. (2018).
- Wong, C. H., et al. Estimation of clinical trial success rates and related parameters. Biostatistics. Volume 20. N.2. P.p. 273-286. (2019).
- Zanutto, A. Innovazione tecnologica e apprendimento organizzativo: La telemedicina e il sapere medico. Franco Angeli. P. 49 (2008).
- Zetsche, D., Buckley, R., Arner, D. W., Barberis, J. N. From FinTech to TechFin: The Regulatory Challenges of Data-Driven Finance. University of Hong Kong. Paper N. 7. (2017).

Zhou, S. F., Zhong, W. Z. Drug Design and Discovery: Principles and Applications. Molecules. Volume 22. N. 2. (2017).

Zuddas, P. Brevi note sulla trasparenza algoritmica. Amministrazione in Cammino, Rivista elettronica di diritto dell'economia e di scienza dell'amministrazione a cura del Centro di ricerca sulle amministrazioni Pubbliche "Vittorio Bachelet". P.p. 4-5. (2020).

Zuddas, P. Pregiudizi digitali e principio di precauzione. ConsultaOnline. 9 luglio. P.p. 408 – 425. (2020).

Zuhair, V., Babar, A., Ali, R., et al. Remote Health Care Systems and the Integration of AI: Addressing Health Disparities in Rural Areas. Journal of Primary Care & Community Health. N.15. (2024).

Sitografia

- AI in Healthcare. Disponibile al seguente [link](#).
- AIFA. Guida alla presentazione della domanda di autorizzazione alla Sperimentazione Clinica che preveda l'utilizzo di sistemi di Intelligenza Artificiale (AI) o di Machine Learning (ML). (2021). Consultabile al seguente [link](#).
- Articolo. Machine Learning Overview. White Paper. Flairnet. Consultabile al seguente [link](#).
- Artificial intelligence act. Briefing, EU Legislation in Progress. European Parliament. Disponibile al seguente [link](#).
- Atto Senato n. [1146](#).
- Atto Camera n. [1084](#).
- Camera dei Deputati. Dossier 5 febbraio 2024 n. 26. Il regolamento UE in materia di intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).
- Chi paga per l'algoritmo: le questioni ancora aperte su IA e responsabilità medica. Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).
- Commissione Europea. Libro bianco sull'intelligenza artificiale - Un approccio europeo all'eccellenza e alla fiducia. (2020). Disponibile al seguente [link](#).
- Comunicato stampa del Consiglio dei Ministri n.78. Consultabile al seguente [link](#).
- Comunicato stampa del MIMIIT circa la cooperazione tra Italia, Francia e Germania sull'intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).
- Comunicato stampa del Consiglio dell'UE del 9 dicembre 2023. Consultabile al seguente [link](#).
- Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. L'intelligenza artificiale per l'Europa, (2018) [link](#).
- Conclusioni del Consiglio Europeo. 1-2 ottobre 2020. Consultabile al seguente [link](#).

- Definizione di algoritmo fornita dall'Enciclopedia Treccani. Consultabile al seguente [link](#).
- Definizione di Malware fornita dall'Enciclopedia Treccani. Consultabile al seguente [link](#).
- Definizione di Phishing fornita dall'Enciclopedia Treccani. Consultabile al seguente [link](#).
- Definizione di Ransomware fornita dall'Enciclopedia Treccani. Consultabile al seguente [link](#).
- Deloitte. Prospettive, potenzialità, impatti e modelli dell'Artificial Intelligence in ambito sanitario. AI report medtech-Deloitte. Disponibile al seguente [link](#).
- Dipartimento per il programma di Governo Focus Analisi del quadro normativo in materia di Intelligenza artificiale (D.D.L. IA e Regolamento UE su IA). Disponibile al seguente [link](#).
- Direttiva (UE) 2016/680. Consultabile al seguente [link](#).
- EUPATI Toolbox. La statistica negli studi clinici: distorsione (bias). Articolo consultabile al seguente [link](#).
- IA al servizio della salute: come cambiano diagnosi e cure. Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).
- Immagine consultabile al seguente [link](#).
- Immagine consultabile al seguente [link](#).
- Independent High Level Expert Group on artificial intelligence set up by the European Commission. Deliverable 4. Sectoral considerations on the policy and investment recommendations for trustworthy artificial intelligence. P.p. 11-12. Consultabile al seguente [link](#).
- Intelligenza Artificiale applicata alla Ricerca Clinica. Articolo Consultabile al seguente [link](#).
- Intelligenza artificiale e medicina: aspetti etici. Comitato Nazionale per la Bioetica, Parere Congiunto. Presidenza del Consiglio dei Ministri. P.p. 7-9. (2020). Consultabile al seguente [link](#).
- Intelligenza artificiale. Enciclopedia Britannica. (Aggiornato ultima volta nel 2024). [Link](#)
- Intelligenza Artificiale: le migliori applicazioni pratiche. [Link](#).

- L'IA e la cura "condivisa": così la sanità diventa più efficiente e collaborativa. In Agenda Digitale. Articolo consultabile al seguente [link](#).
- La ricerca e sviluppo di nuovi farmaci nell'era dell'intelligenza artificiale. Come le compagnie farmaceutiche stanno esplorando e applicando l'intelligenza artificiale. Articolo consultabile al seguente [link](#).
- Legge 23 dicembre 1978, n. 833. "Istituzione del servizio sanitario nazionale". Consultabile al seguente [link](#).
- Machine Learning Overview. White Paper. Flairnet. Consultabile al seguente [link](#)
- Ministero della Salute. I principi del Servizio Sanitario Nazionale (SSN). Disponibile al seguente [link](#).
- Ministero della Salute. I sistemi di intelligenza artificiale come strumento di supporto alla diagnostica. P.p. 9-11. (2021). Documento consultabile al seguente [link](#).
- Modelli e standard per lo sviluppo dell'Assistenza Territoriale nel Servizio Sanitario Nazionale. Allegato 1, Next GenerationEU. Allegato 1. P.6. Consultabile su quotidiano Sanità al seguente [link](#).
- On the Opportunities and Risks of Foundation Models. Consultabile al seguente [link](#).
- Proposta di regolamento che stabilisce norme armonizzate sull'intelligenza artificiale. Consultabile al seguente [link](#).
- Rapporto del 2014 della Society of Automotive Engineers. P.p. 30 – 32 . Consultabile al seguente [link](#).
- Regolamento (UE) 2016/679 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 27 aprile 2016, relativo alla protezione delle persone fisiche con riguardo al trattamento dei dati personali, nonché alla libera circolazione di tali dati e che abroga la direttiva 95/46/CE (Regolamento generale sulla protezione dei dati), (Testo rilevante ai fini del SEE). Consultabile al seguente [link](#).
- Regulatory considerations on artificial intelligence for health. World Health Organization. Consultabile al seguente [link](#).
- Responsabilità medica. Altalex. Definizione consultabile al seguente [link](#).

- Sanità: Giappone punta sui robot-infermieri. NURSING UP. Articolo consultabile al seguente [link](#).
- Scheda del Senatore Gianni Rosa. Consultabile al seguente [link](#).
- Scheda della Senatrice Tilde Minasi. Consultabile al seguente [link](#).
- Sentenza del Consiglio di Stato n. 2270 del 2019. Consultabile al seguente [link](#).
- Strategia italiana per l'intelligenza artificiale 2024-2026. Dipartimento per la trasformazione digitale. Agenzia per l'Italia Digitale. Consultabile al seguente [link](#).
- The history of artificial intelligence. Rockwell Anyoha. (2017). Blog, special edition on artificial intelligence. Consultabile al seguente [link](#).

