

L'Intelligenza artificiale in medicina

L'intelligenza artificiale (IA) rappresenta quell'insieme di procedure tecnologiche che hanno lo scopo di riprodurre in maniera più fedele possibile il *pensiero critico umano*, tanto da ottenere un "comportamento intelligente".

I primi esperimenti volti a creare computer e macchine intelligenti cominciarono negli anni '50 grazie ad *Alan Turing* e sono proseguiti nei decenni successivi, specie negli anni '90.

Anche nel campo medico l'intelligenza artificiale ha compiuto notevoli progressi in virtù dei cospicui investimenti destinati allo sviluppo di applicazioni sanitarie.

In medicina l'AI può integrare le cure sanitarie sia in maniera completamente virtuale, dunque tramite l'ausilio di algoritmi terapeutici, algoritmi diagnostici e sistemi di cartelle elettroniche, sia in maniera fisica.

L'approccio fisico dell'AI in medicina si espleta con l'intervento diretto da parte di robot che eseguono con molta precisione gli interventi chirurgici (come il *robot da Vinci*, comandato comunque dall'essere umano), oppure con protesi intelligenti per gli anziani.

La disponibilità di dati in ambito medico è cresciuta enormemente così come le fonti da cui essi provengono. Accanto ai *dati tradizionali "strutturati"*, rappresentabili in righe e colonne come avviene con i fogli di Excel o con i principali database (cartelle cliniche, Medline, linee guida e database biomolecolari e genetici) sono sempre più disponibili *dati non strutturati* (come testi, immagini, suoni, sensori, dispositivi indossabili come magliette, braccialetti, orologi intelligenti, conversazioni provenienti dai social media).

Si stima addirittura che circa l'80% dei dati generati quotidianamente non sia strutturato. Gli algoritmi di intelligenza artificiale in ambito medico sono usati per interpretare questa enorme mole di dati e per identificare possibili relazioni di causa-effetto tra i dati stessi e le patologie di cui un paziente soffre.

Il campo nel quale si sono fatti più progressi in termini di utilizzo dell'intelligenza artificiale come supporto per i medici è quello diagnostico. In questo settore esistono diverse evidenze scientifiche della loro affidabilità, in particolare nell'area oncologica, respiratoria o cardiologica.

L'intelligenza artificiale sta trasformando il settore sanitario, offrendo soluzioni innovative per migliorare la diagnosi, il trattamento e la gestione dei pazienti.

Tuttavia, il suo utilizzo pone nuove sfide giuridiche in materia di responsabilità medica, protezione dei dati e regolamentazione per garantire che l'uso dell'IA avvenga in modo etico e rispettoso dei diritti dei pazienti.

Si riportano di seguito i links dei contenuti preventivamente consultati sul web:

https://www.simg.it/Riviste/rivista_simg/2019/04_2019/5.pdf

<https://www.vidiemme.it/limportanza-degli-algoritmi-predittivi-in-medicina/>

http://www.treccani.it/enciclopedia/robotica-medica-e-societa_%28XXI-Secolo%29/

<http://www.domedica.com/robotica-e-medicina-come-cambia-la-vita-del-paziente/>

<https://www.intel.it/content/www/it/it/healthcare-it/robotics-in-healthcare.html>

<https://montagnepaesi.com/medicina-e-innovazione-il-futuro-della-medicina-e-robotico/>

<https://www.01net.it/ai-robotica-aziende/>

<http://www.sanita24.ilsole24ore.com/art/impres-e-mercato/2017-11-07/g7-salute-robotica-e-genomica-sfide-sanita-futura-132130.php?uuid=AExWPZ5C>

<https://www.ieo.it/it/PER-I-PAZIENTI/InPrimoPiano/ChirurgiaRobotica/>

<https://www.agendadigitale.eu/sanita/ia-in-medicina-come-cambia-la-diagnosi-e-il-trattamento-delle-malattie/>

<https://www.med4.care/intelligenza-artificiale-ai-medicina/>

<https://www.cnr.it/it/news/12738/curarsi-con-l-intelligenza-artificiale>

<https://bioetica.governo.it/it/documenti/pareri-gruppo-misto-cnbcnbbsv/intelligenza-artificiale-e-medicina-aspetti-etici/>

<https://www.fondazioneveronesi.it/magazine/articoli/neuroscienze/lintelligenza-artificiale-in-medicina-tra-presente-e-futuro>

<https://www.marionegri.it/magazine/intelligenza-artificiale-medicina>



L'Intelligenza Artificiale in Medicina

Considerazioni preliminari

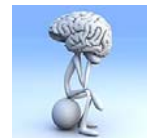
I.A. e Medicina

L'intelligenza artificiale o I.A. (A.I. per gli anglofoni) è la capacità di un computer di elaborare informazioni e di imparare da queste.

La tecnologia è fondata su algoritmi che permettono alle macchine di eseguire attività tipicamente umane come l'elaborazione del linguaggio e la soluzione di problemi ad una velocità notevolmente superiore.

Sebbene esistano varie definizioni e significati, quando si parla di I.A. si fa riferimento alla capacità di una macchina di imitare il comportamento intelligente umano.

Diverse tecnologie informatiche permettono il raggiungimento di tale capacità ma, in campo medico, si fa essenzialmente riferimento all'*apprendimento automatico*.



Applicazioni dell'I.A. in medicina

La medicina ha rappresentato, da sempre, una delle aree di applicazione più promettenti per l'intelligenza artificiale.

Fin dagli anni '70 del secolo scorso, sono stati sviluppati i primi sistemi informatici di supporto alla decisione clinica.

Successivamente si è assistito all'avvento:

- degli algoritmi di apprendimento automatico;
- della maggiore potenza di calcolo dei sistemi informatici;
- della crescente disponibilità di dati sanitari;
- del rapido progresso delle tecniche di analisi dei dati



che hanno condotto a un vero e proprio cambio di paradigma dell'assistenza sanitaria.

L'apprendimento automatico

Il punto di forza dell'I.A. è quindi rappresentato dalla capacità d'imparare dai dati a disposizione grazie a softwares che utilizzano tecniche di *machine learning (ML)*, cioè di *apprendimento automatico*.

Tali tecniche si basano su algoritmi e modelli che permettono ai computers di imparare e migliorare la loro performance senza essere stati esplicitamente programmati per risolvere un problema specifico.

La loro elaborazione viene infatti modificata grazie alle informazioni acquisite che sono sottoposte all'analisi dei dati e all'individuazione di *patterns e relazioni* in esse contenuti.

In tal modo creano un modello che può poi essere utilizzato per prendere decisioni o per automatizzare processi.



Sviluppo del machine learning

L'apprendimento automatico nel tempo ha trovato sviluppo:

- ✓ nelle *Reti neurali artificiali*, ovvero un modello matematico, in grado di elaborare diversi sets di dati, che imita il modo in cui i neuroni inviano segnali nel cervello umano.
- ✓ nel *Deep learning*, una branca dell'apprendimento automatico che utilizza reti neurali artificiali per apprendere ed elaborare dati in modo gerarchico e automatico, identificando strutture e patterns sempre più complessi.
- ✓ nell'*Image processing*, il processo matematico che migliora un'immagine per aumentarne la definizione, recuperare informazioni o per misurare patterns specifici.

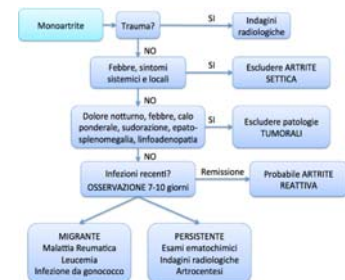


4

Tecniche alla base del M.L.

Gli algoritmi di I.A. basati sul *machine learning* possono diagnosticare patologie attraverso due modalità:

- ✓ **Tecnica di database:** il computer riesce ad apprendere informazioni grazie all'immagazzinamento di milioni di immagini o schemi. In tal modo un sistema di AI può porre una diagnosi perché ha riconosciuto un insieme di sintomi che ha già "visto" innumerevoli volte.
- ✓ **Tecnica della flow-chart:** l'I.A. formula una diagnosi in maniera graduale, ponendo via via domande aggiuntive o integrative all'anamnesi iniziale, come fa un vero medico. L'operazione è resa possibile dal caricamento preliminare sul server dei milioni di dati inerenti i sintomi delle malattie.



5

LLM (Language Learning Model)

L'LLM (*Language Learning Model*) è un tipo avanzato di intelligenza artificiale che si basa sull'apprendimento automatico e sul trattamento del linguaggio naturale (*Natural Language Processing, NLP*).

Tale tecnologia è alla base del funzionamento di ChatGPT, Claude e Google Gemini.

Questi modelli linguistici generativi sono addestrati su vasti dataset di testo per comprendere, interpretare, generare e rispondere al linguaggio umano in modo naturale, fluido ed efficace.

Chat-GPT (*Generative Pretrained Transformer*) e la nuova arrivata DeepSeek costituiscono esempi di LLM avanzato.



6

Utilizzo abituale degli LLM

Il *digital marketing* costituisce l'utilizzo abituale degli LLM attraverso i quali viene effettuata:

- ✓ la generazione automatica di contenuti;
- ✓ l'assistenza clienti tramite chatbot;
- ✓ l'analisi del sentiment dei consumatori;
- ✓ la personalizzazione dei messaggi di marketing;
- ✓ l'ottimizzazione dei motori di ricerca (SEO-Search Engine Optimization).



La loro capacità di processare e analizzare grandi quantità di dati testuali li rende strumenti preziosi per ottenere informazioni dal comportamento dei consumatori e migliorare le strategie di comunicazione digitale.

7

Utilizzo sanitario degli LLM

I grandi modelli linguistici generativi possono essere utilizzati per:

- ✓ Sintetizzare e semplificare referti, lettere di dimissioni o documenti complessi in un linguaggio facilmente comprensibile dai pazienti.
- ✓ Organizzare la documentazione all'interno di una struttura sanitaria.
- ✓ Fornire supporto nella formulazione di una diagnosi differenziale, quando uno o più sintomi sono in comune tra più patologie.



Nel futuro prossimo è molto probabile che l'addestramento dei chatbots possa far nascere sistemi ancora più intelligenti, che assumeranno un ruolo di primo piano nella disciplina medica.

8

Funzionalità e rischi degli LLM

Gli LLM avanzati vengono addestrati su una enormità di dati riferiti a libri, articoli, siti web e altri testi, che permettono di generare risposte coerenti e pertinenti a una vasta gamma di richieste.



Bisogna però tenere presente che tali grandi modelli di I.A. attingono da tutto ciò che si trova su internet.

Di conseguenza il loro utilizzo espone all'acquisizione di *fake news* riguardanti il tema oggetto di ricerca.



9

Gestione dei dati sanitari

La disponibilità di dati in ambito medico è cresciuta enormemente così come le fonti da cui essi provengono.

In base alla forma nella quale possono essere reperiti si dividono in:

- ✓ **Dati strutturati.** Sono quelli tradizionali rappresentati in righe (records) e colonne (campi) come avviene con i fogli di calcolo o con i principali database. Sotto tale forma sono registrati i dati delle cartelle cliniche (SDO), le banche dati della letteratura scientifica biomedica (MedLine, PubMed), le Linee Guida e i Database biomolecolari e genetici.
- ✓ **Dati non strutturati.** Sono costituiti dai testi in linguaggio naturale, appunti, immagini, suoni, outputs di sensori provenienti da dispositivi indossabili intelligenti. Rappresentano l'80% dei dati generati quotidianamente.

10

Gestione dei dati non strutturati

Con l'esplosione dei dati non strutturati, ai quali appartengono la maggior parte dei dati sanitari, si è resa necessaria la loro gestione attraverso un database di riconoscimento semantico.



Una raccolta dati organizzata, cioè, sul significato dei dati nel linguaggio naturale piuttosto che sulla loro struttura e relazione.

Su tale concetto è stato concepito il *database vettoriale*.

11

Lo Spazio semantico

I modelli di *embedded* e *similarità vettoriale* fanno sì che le macchine comprendano il linguaggio umano già oggetto di elaborazione con le tecniche di NLP (Natural Language Processing) sulle quali si basano i modelli linguistici dell'I.A. generativa degli LLM.

I modelli sono "addestrati" con tecniche di M.L. posizionando le parole simili vicine tra loro nello spazio dei vettori multidimensionali (spazio semantico).

Il riconoscimento semantico viene utilizzato, oltre che per la gestione dei dati sanitari non strutturati, soprattutto nella traduzione automatica, nei motori di ricerca e nei chatbot (Chat-GPT, Servizi di assistenza clienti)



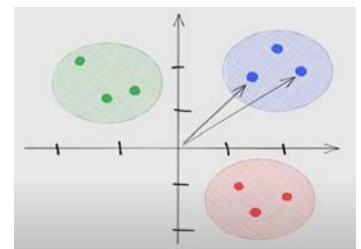
12

Il riconoscimento semantico

Gli *spazi semantici* nei quali operano i modelli di embedding prevedono la raccolta e l'elaborazione di un ampio corpus di testi convertiti in vettori numerici.

- ✓ **L'Embedded** (rappresentazione distribuita) è la tecnica che converte le parole o le frasi in vettori numerici. Permette alle macchine di confrontare e calcolare la similarità tra i vettori per comprendere contesto e significato delle parole.
- ✓ **La similarità vettoriale** consente di confrontare quanto due vettori siano vicini tra loro nello spazio multidimensionale.

king	[4 5]
man	[3 3.5]
woman	[5 3]
apple	[2.5 -2]
banana	[2.5 -3]
orange	[4 -2.5]
football	[-3 4]
golf	[-1.5 3]
tennis	[-2 2]



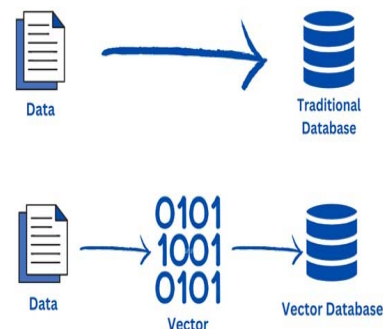
13

Il database vettoriale

Si basa su relazioni semantiche *ex post*, a partire da un corpus di testi destrutturati originati da diverse fonti e non su connessioni logiche prefissate. Ciò consente di catturare le sfumature e le connessioni tra i dati in modo più naturale, riflettendo la complessità del mondo reale.

I dati trattati non sono soggetti al vincolo rigido delle tabelle e del loro linkaggio, ma sono rappresentati come vettori in uno spazio multidimensionale.

L'uso di tecniche di machine learning, come il *word embedding*, permette di evidenziare relazioni e patterns che sfuggono ai metodi tradizionali.

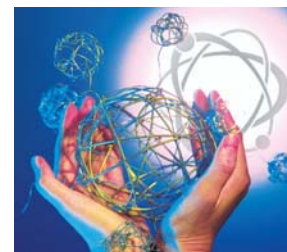


Il potenziale dell'I.A.

In virtù dei cospicui investimenti, l'intelligenza artificiale costituisce una delle innovazioni più importanti in campo medico.

Le sue applicazioni stanno cambiando il modo di diagnosticare, curare e gestire le malattie, rendendo le cure più precise, veloci e accessibili.

Rappresenta quindi un grande potenziale, ma richiede la collaborazione di tutti i gestori delle tecnologie coinvolte affinché sia utilizzata in modo responsabile, equo e vantaggioso per tutti i pazienti.



Livelli di utilizzo dell'I.A.

L'I.A. può integrare l'attività sanitaria sia in maniera virtuale che fisica.

L'utilizzo virtuale si basa su:

- algoritmi clinico-terapeutici;
- algoritmi diagnostici;
- algoritmi per la gestione dei dati sanitari e delle cartelle cliniche

L'utilizzo fisico prevede la robotizzazione che viene utilizzata per:

- l'esecuzione di interventi chirurgici di precisione;
- la riabilitazione;
- la protesica;
- la logistica ospedaliera;
- la presa in carico di anziani e diversamente abili.



16

Algoritmi clinico-terapeutici

Le tecniche di apprendimento automatico e di analisi dei dati consentono di individuare patologie con una maggiore sensibilità e specificità attraverso:

- ✓ **Sistemi di predizione** in grado di identificare possibili patologie ancora prima che queste si manifestino.
- ✓ **Sistemi di supporto clinico-terapeutico** in grado di gestire o trattare una patologia sulla base:
 - di linee guida e di evidenze scientifiche provenienti dalle pubblicazioni su riviste mediche internazionali;
 - sul decorso di pazienti con patologie simili a quella del paziente da curare.
- ✓ **Sistemi di Medicina personalizzata** per analizzare i dati dei pazienti, come la loro storia clinica, genetica e le risposte ai trattamenti precedenti, per suggerire piani terapeutici personalizzati.

17

Algoritmi diagnostici

- ✓ La **Diagnostica per immagini assistita da computer** permette di analizzare le immagini digitali di risonanza magnetica, tac, ecografia, endoscopia, dermatoscopia ed elettrocardiografia, identificando patterns anomali.
- ✓ **Diagnostica clinica assistita da chatbot** tipo Chat GPT per la formulazione di una diagnosi differenziale, quando uno o più sintomi sono in comune tra più patologie. Tali sistemi, possono essere addestrati sull'immane mole dei *big data sanitari* e hanno il vantaggio di instaurare con l'interlocutore una conversazione molto fluida.



18

Diagnosi biologica

- ✓ **Identificazione di biomarcatori di malattie neurodegenerative**, come il Parkinson e l'Alzheimer attraverso sensori plasmonici a infrarossi accoppiati ad algoritmi di apprendimento profondo. Rilevando variazioni minime nelle strutture proteiche permettono la diagnosi in una fase molto precoce.
- ✓ **Predizione di mutazioni geniche** attraverso il deep learning:
 - *EVEscape* che predice l'evoluzione dei virus risultando fondamentale per la progettazione di vaccini in occasione di future pandemie;
 - AlphaMissense capace di predire quali mutazioni genetiche possono causare malattie, inclusi i diversi tipi di cancro.



19

Automazione dei processi clinici

L'I.A. viene impiegata anche per automatizzare alcuni processi clinici e gestionali al fine di ridurre gli errori umani e migliorare l'efficienza complessiva del sistema sanitario. In genere i settori interessati sono quelli riguardanti:

- ✓ la gestione delle cartelle cliniche
- ✓ la pianificazione degli interventi chirurgici
- ✓ la somministrazione di farmaci



20

La robotica in sanità

La robotica applicabile in sanità si basa sull'implementazione di tutte le *smart technologies* utili a migliorare l'efficacia delle cure e a favorire sia la prevenzione che l'invecchiamento attivo.

Il modello, che fa ampio uso dell'I.A., è caratterizzato da servizi per la salute centrati sulla persona e basati su un *alto livello di digitalizzazione e automazione dei processi sanitari*.

In generale i sistemi robotici sono utili in tutte quelle procedure che richiedono lo svolgimento di compiti ripetitivi e ben strutturati.



21

La robotica: le applicazioni-1

- ✓ **Chirurgia:** ha ridotto notevolmente il grado di invasività degli interventi, garantendo una precisione anche superiore a quella dell'operatore umano;
- ✓ **Riabilitazione:** i dispositivi robotici sono in grado di affiancare o di sostituire gli operatori umani;
- ✓ **Collaborazione socio-sanitaria:** I robot sociali forniscono assistenza per lo spostamento di letti o pazienti, contribuendo così a ridurre lo sforzo fisico degli operatori sanitari.



22

La robotica: le applicazioni-2

- ✓ **Logistica:** i robot di servizio sono in grado:
 - inventariare, effettuare ordini tempestivi, contribuire alla collocazione ottimale di forniture, attrezzature e farmaci.
 - trasportare rifiuti, biancheria e pasti da un'area all'altra dell'ospedale.
 - pulire e sanificare gli ambienti al fine di limitare l'esposizione agli agenti patogeni e contribuire alla riduzione delle infezioni ospedaliere.



23

Il futuro dell'I.A. in medicina

Il futuro dell'intelligenza artificiale in medicina trarrà fondamento dalla vasta area interdisciplinare della Ricerca e dello Sviluppo (R&S) che ha per protagonisti scienziati, ingegneri, ricercatori e medici.



Nota conclusiva

I modelli di intelligenza artificiale, unitamente a una sempre più efficiente computazione quantistica, forniranno risposte innovative alle sfide imposte dall'evoluzione delle malattie e delle esigenze organizzative sanitarie.

