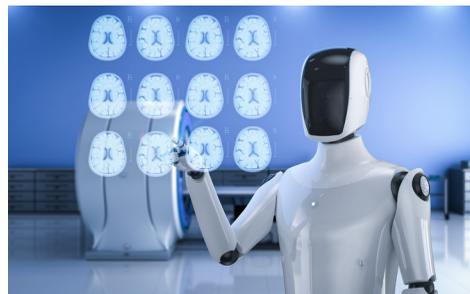


IMAGING DIAGNOSTICO E INTELLIGENZA ARTIFICIALE: LA NUOVA FRONTIERA



Chiara De Nuccio¹, Loredana Le Pera², Maurizio Mattia³,
Luisa Minghetti¹, Franca Moretti¹ e Rossella Canese²

¹Servizio di Coordinamento e Promozione della Ricerca, ISS

²Servizio Tecnico Scientifico Grandi Strumentazioni e Core Facilities ISS

³Centro Nazionale Protezione dalle Radiazioni e Fisica Computazionale, ISS

RIASSUNTO - L'intelligenza artificiale (IA) sviluppa sistemi che replicano funzioni cognitive umane attraverso algoritmi e modelli matematici. Tecniche evolute come machine learning e deep learning hanno permesso la creazione di modelli sofisticati, oggi fondamentali in ambito medico, soprattutto nell'imaging diagnostico. Questi sistemi, identificando pattern e anomalie, analizzano immagini con rapidità e accuratezza superiori a quelle umane, ottimizzano la qualità visiva e automatizzano processi diagnostici complessi. Le infrastrutture di ricerca come EATRIS, ELIXIR ed EBRAINS-Italy supportano l'innovazione, anche attraverso l'organizzazione di corsi sull'IA nell'imaging diagnostico. Gli eventi sono utili per aggiornare i professionisti del settore, evidenziando i successi dell'IA e le prospettive future.

Parole chiave: intelligenza artificiale; imaging; infrastrutture di ricerca

SUMMARY (*Diagnostic imaging and artificial intelligence: the new frontier*) - Artificial intelligence (AI) develops systems that replicate human cognitive functions through algorithms and mathematical models. Advanced techniques like machine learning and deep learning have enabled the creation of sophisticated models, now essential in medicine, especially in diagnostic imaging. These systems, identifying patterns and anomalies, analyse images faster and more accurately than humans, enhancing visual quality, and automating complex diagnostic processes. Research infrastructures such as EATRIS, ELIXIR, and EBRAINS-Italy support innovation, also by organizing courses on AI in imaging. These events help update professionals, highlighting AI's achievements and future prospects.

Key words: artificial intelligence; diagnostic imaging; research infrastructures

chiara.denuccio@iss.it

L'intelligenza artificiale (IA) è una tecnologia che mira a creare sistemi capaci di svolgere compiti complessi solitamente affidati all'intelligenza umana. Questi sistemi possono apprendere, pianificare e risolvere problemi mediante algoritmi e modelli matematici che permettono di analizzare dati, riconoscere schemi e prendere decisioni autonome.

L'IA nasce negli anni '50, con pionieri come McCarthy e Turing, sulla scia della cibernetica di Wiener degli anni '40. Il principio chiave è la capacità di un sistema di autoregolarsi in base alle informazioni ricevute, pienamente integrato nelle moderne reti neurali artificiali, e declinato in modo specifico nel machine learning (ML) e deep learning (DL). Queste

tecniche hanno permesso di sviluppare modelli computazionali avanzati che simulano e analizzano il comportamento di sistemi reali, trovando applicazioni in numerosi settori, tra cui la medicina (1).

I modelli computazionali sono rappresentazioni matematiche usate per simulare e analizzare sistemi reali. In medicina, questi modelli possono rappresentare processi biologici complessi e aiutare i ricercatori a comprendere meglio tali fenomeni e a sviluppare nuove terapie. Le reti neurali sono un tipo specifico di modello computazionale ispirato al cervello umano. Possono essere ricorrenti per realizzare modelli generativi organizzati a strati (ingresso, nascosto e uscita) (Figura 1). Le reti neurali apprendono dai dati attraverso un processo chiamato ►

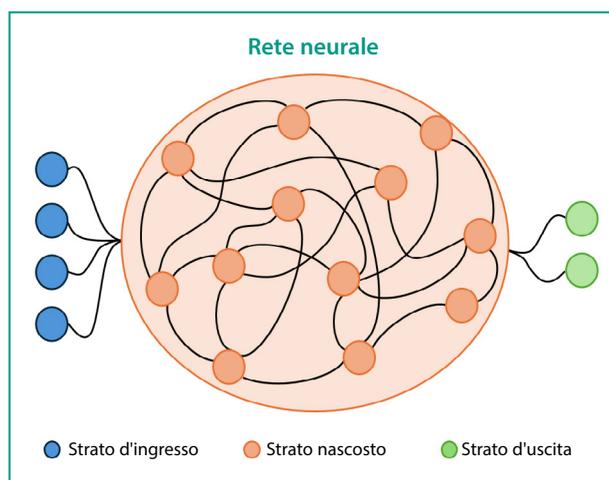


Figura 1 - Schema rappresentativo delle reti neurali

addestramento, in cui i pesi delle connessioni tra i neuroni vengono regolati per minimizzare l'errore. Sono utilizzate in vari campi come il riconoscimento delle immagini, il riconoscimento vocale, la traduzione automatica e la realizzazione di copie digitali di sistemi biologici.

Nello specifico, l'ML è una tecnologia che permette ai computer di "imparare" dai dati, senza essere programmati in modo esplicito. Il sistema analizza esempi, riconosce schemi e migliora le sue prestazioni nel tempo, proprio come farebbe una persona che acquisisce esperienza. In questo contesto la "macchina" impara a fare previsioni, prendere decisioni o riconoscere immagini, semplicemente "osservando" tanti esempi e adattandosi. In medicina, l'ML è utilizzato per analizzare grandi quantità di dati clinici e immagini mediche, aiutando a identificare pattern e fare previsioni accurate.

Il DL, infine, è una sottocategoria dell'ML che utilizza reti neurali artificiali con molti strati (da qui il termine "deep") per apprendere rappresentazioni complesse dei dati (Figura 2). Queste reti neurali profonde sono particolarmente efficaci nell'elaborazione di immagini e nel riconoscimento di pattern, rendendole ideali per applicazioni come l'imaging diagnostico.

L'IA in campo medico

L'IA ha un grande impatto sulla medicina, andando a migliorare la diagnosi, il trattamento e la gestione delle malattie. Analizzando grandi quantità di

dati e apprendendo da essi, l'IA supporta i medici nelle loro decisioni cliniche. Le applicazioni dell'IA in medicina spaziano dalla diagnosi precoce delle malattie alla personalizzazione dei trattamenti, passando per il monitoraggio continuo dei pazienti (2). Inoltre, l'IA sta trasformando sia la ricerca preclinica (accelerando la scoperta di nuovi farmaci e migliorando la comprensione delle malattie), sia la ricerca clinica (ottimizzando la progettazione e la conduzione degli studi clinici, utilizzando dati sintetici o identificando i pazienti più adatti per i trial per poi monitorare i progressi dei pazienti in tempo reale), migliorando l'efficienza degli studi e aumentando le probabilità di successo) (3, 4).

Uno degli aspetti più promettenti dell'IA in medicina è la capacità di elaborare e interpretare immagini diagnostiche con una precisione e una velocità che superano quelle umane. L'IA sta quindi rivoluzionando la diagnostica per immagini, aumentando la precisione e l'efficienza delle diagnosi attraverso il miglioramento della qualità delle immagini, la riduzione dei rischi e un'automazione della diagnosi. Infatti, l'IA utilizza algoritmi avanzati per potenziare la qualità delle immagini ottenute tramite tecniche come la tomografia computerizzata, la risonanza magnetica e la tomografia a emissione di positroni. Questi algoritmi possono ridurre il "rumore" delle immagini e aumentarne la risoluzione, permettendo ai medici di identificare minime anomalie. Inoltre, gli algoritmi di IA possono essere addestrati su milioni di immagini per riconoscere pattern e anomalie che potrebbero sfuggire all'occhio umano. Questo supporto riduce il rischio di errori umani e migliora l'efficienza del processo diagnostico, riducendo anche il numero delle analisi invasive

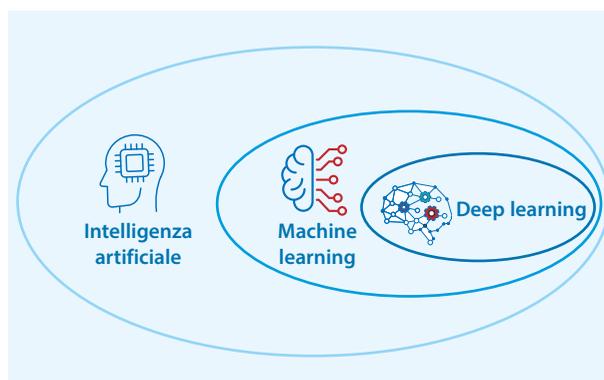


Figura 2 - Schema rappresentativo dell'intelligenza artificiale

non necessarie. Oltre a ciò, l'IA può integrare dati provenienti da cartelle cliniche elettroniche e studi genetici, per fornire una visione più completa dello stato di salute del paziente e suggerire trattamenti personalizzati (5).

L'IA sta quindi ridefinendo il ruolo del radiologo, aggiungendo valore all'interpretazione delle immagini con la possibilità di migliorare l'esito clinico. Piuttosto che sostituire i radiologi, l'IA supporta e ottimizza il loro lavoro, infatti, il radiologo rimane insostituibile e fondamentale per interpretare risultati complessi, avere contatto con i pazienti e prendere decisioni critiche sulle loro cure. È, quindi, uno strumento importante che aiuta a formulare diagnosi più accurate e tempestive, riducendo loro il carico di lavoro e lo stress mentale.

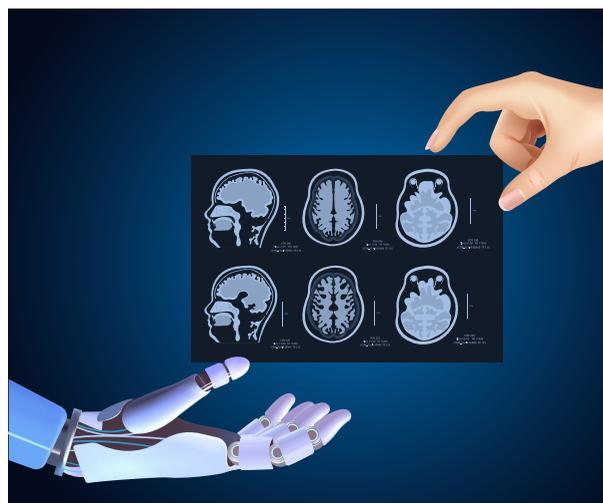
Nonostante i vantaggi, l'uso improprio dell'IA in medicina comporta anche dei rischi. Gli algoritmi di IA possono commettere errori, soprattutto se i dati di addestramento sono incompleti o di bassa qualità e questi errori possono portare a diagnosi sbagliate e a trattamenti inappropriati. Un altro rischio/preoccupazione riguarda la privacy e la sicurezza delle informazioni sanitarie dei pazienti, in quanto l'uso di IA richiede l'accesso a dati medici personali. Infine, l'implementazione dell'IA può essere costosa, e potrebbe accentuare le disuguaglianze nell'accesso alle tecnologie.

Il futuro dell'IA nell'imaging diagnostico però è promettente, migliorerà ulteriormente nella precisione, velocità e accessibilità. L'IA continuerà a migliorare la qualità delle immagini diagnostiche, permettendo di rilevare anomalie con maggiore precisione. Consentirà diagnosi e trattamenti sempre più personalizzati, e dispositivi portatili e tecnologie wireless, inoltre, renderanno l'imaging diagnostico accessibile anche in contesti remoti e meno sviluppati (6).

Il ruolo di EATRIS, ELIXIR ed EBRAINS-Italy nella ricerca sanitaria

Le infrastrutture di ricerca (IR) europee svolgono un ruolo importante nel promuovere l'innovazione nell'ambito della ricerca biomedica e, in particolar modo, nel supportare innovazioni tecnologiche quali l'IA e la diagnostica medica.

EATRIS



(European Infrastructure for Translational Medicine)

EATRIS facilita la traduzione delle scoperte scientifiche in applicazioni cliniche, supportando la ricerca traslazionale e promuovendo la collaborazione tra accademia e industria. A_IATRIS (<https://www.aiatris.it>) è il nodo nazionale italiano ed è costituita da una rete di 22 istituti nazionali di eccellenza che coordina tutti i servizi legati alla medicina traslazionale del Paese. Gli obiettivi principali sono di promuovere la qualità delle piattaforme (imaging & tracer, medicinali per terapie avanzate, biomarcatori, vaccini infiammazione e immune monitoring, piccole molecole) e dei corrispondenti servizi erogabili, sviluppare e attivare progettualità congiunte intorno a temi di ricerca biomedica prioritaria come l'IA.

ELIXIR

ELIXIR (<https://www.elixir-italy.org>) è l'infrastruttura europea che coordina e integra risorse per la gestione e l'analisi dei dati biologici, elemento chiave per lo sviluppo di soluzioni basate sull'IA in ambito biomedico. Attraverso strumenti, servizi e standard condivisi, ELIXIR favorisce l'accesso a dati di qualità e la costruzione di modelli computazionali affidabili. Il nodo italiano, ELIXIR-IT, include 30 membri tra istituti di ricerca, università e centri di calcolo. Sostenendo la ricerca biomedica e biotecnologica, promuovendo la collaborazione interdisciplinare e offrendo ai giovani ricercatori accesso a tecnologie avanzate, ELIXIR rappresenta un'opportunità di crescita professionale.



EBRAINS-Italy (European Brain Research Infrastructure)

EBRAINS-Italy (<https://www.ebrains-italy.eu>) nasce con l'ambizione di consolidare e valorizzare le competenze italiane nelle neuroscienze, creando una IR all'avanguardia, integrata nella rete europea EBRAINS. Sfrutta l'IA e l'ML per comprendere le malattie neurologiche e sviluppare nuovi trattamenti realizzando strumenti e tecnologie avanzate per comprendere il funzionamento del cervello umano e affrontare le sfide della medicina contemporanea. EBRAINS-Italy, riunisce gruppi con competenze trasversali che vanno dalla modellistica del sistema nervoso al calcolo ad alte prestazioni per le neuroscienze sperimentali e teoriche, integrando le loro attività per generare sinergie e progressi sostanziali nella produzione e diffusione della conoscenza nei campi scientifico, industriale e sociale in tutto il Paese.

Corso sul ruolo dell'IA nell'imaging diagnostico

Visto il crescente interesse per l'argomento, i nodi nazionali delle IR A_IATRIS, ELIXIR-IT e EBRAINS-Italy hanno organizzato la prima edizione del Corso "Il ruolo dell'IA nell'imaging diagnostico" il 23 ottobre 2024 presso l'Istituto Superiore di Sanità. L'iniziativa si è svolta nell'ambito del Progetto Ecosistemi dell'Innovazione - Rome Technopole. Durante l'evento i partecipanti sono stati aggiornati sullo stato dell'arte e sulle prospettive future dell'IA nei processi di acquisizione ed elaborazione delle immagini, nonché al supporto che l'IA darà alla diagnostica e al follow-up terapeutico.

Il Corso si è articolato in quattro sessioni riguardanti: a) i modelli computazionali; b) l'impiego dell'ML nella diagnosi oncologica; c) l'impiego dell'ML nello studio del cervello; d) l'evoluzione verso il DL, con un focus su nuovi ambiti di ricerca e aspetti regolatori. Al Corso hanno partecipato docenti nazionali e internazionali esperti nel campo e provenienti da istituti di eccellenza.

Il successo e l'interesse suscitato hanno portato a pianificarne una seconda edizione prevista per il 16 ottobre 2025. Questo appuntamento continuerà a fornire aggiornamenti scientifici cruciali e a promuovere la formazione di professionisti coinvolti nello studio e nell'utilizzo dell'IA per l'imaging diagnostico.

Conclusioni

In conclusione, l'IA sta ridefinendo l'imaging diagnostico, migliorando tempestività, precisione ed efficacia delle diagnosi. Le IR come EATRIS, ELIXIR e EBRAIN-Italy sono fondamentali nel sostenere questa evoluzione, per affrontare con responsabilità i rischi etici, regolatori e tecnologici e garantire un uso sicuro e vantaggioso dell'IA nella pratica clinica. ■

Dichiarazione sui conflitti di interesse

Gli autori dichiarano che non esiste alcun potenziale conflitto di interesse o alcuna relazione di natura finanziaria o personale con persone o con organizzazioni, che possano influenzare in modo inappropriato lo svolgimento e i risultati di questo lavoro.

Riferimenti bibliografici

1. Regine Russell SJ, Norvig P. *Artificial Intelligence A Modern Approach. Third Edition*. Chapter 1. Introduction, Section 1.3. The History of Artificial Intelligence. p.16-28.
2. Fogel AL, Kvedar JC. Artificial intelligence powers digital medicine. *NPJ Digit Med* 2018;1:5 (doi: 10.1038/s41746-017-0012-2).
3. Vamathevan J, Clark D, Czodrowski P, et al. Applications of machine learning in drug discovery and development. *Nat Rev Drug Discov* 2019;18(6):463-77 (doi: 10.1038/s41573-019-0024-5).
4. Askin S, Burkhalter D, Calado G, et al. Artificial Intelligence Applied to clinical trials: opportunities and challenges. *Health Technol (Berl)* 2023;13(2):203-13 (doi: 10.1007/s12553-023-00738-2).
5. Oren O, Gersh BJ, Bhatt DL. Artificial intelligence in medical imaging: switching from radiographic pathological data to clinically meaningful endpoints. *Lancet Digital Health* 2020;2:e486-8 (doi: 10.1016/s2589-7500(20)30160-6).
6. Tang X. The role of artificial intelligence in medical imaging research. *BJR Open* 2020;2(1):20190031 (doi: 10.1259/bjro.20190031).

TAKE HOME MESSAGES

- L'intelligenza artificiale (IA) rappresenta uno strumento fondamentale per lo sviluppo della ricerca biomedica.
- L'IA rivoluziona l'imaging diagnostico, senza sostituire il radiologo.
- Le infrastrutture di ricerca sono motori dell'innovazione biomedica supportando l'IA e la diagnostica medica.