

Convegno
Area Formazione Femminile
Anaa Assomed /
Fondazione Pietro Paci

Torino
28 febbraio 2025

Medici, ingegneri e IA. Protagonisti del cambiamento delle cure

PRIMO
EVENTO
FORMATIVO
AFF

Il passaggio epocale all'Itech in Medicina avviene nel momento di sua più grave crisi, ma anche di grandissima innovazione, e rende non più rinviabile la necessità di un confronto tra i vari attori operanti sulla stessa scena, tanto ambita quanto resa vuota di mezzi e risorse umane.

L'Area Formazione Femminile e la Fondazione Pietro Paci hanno risposto a questa esigenza dando vita a un dibattito di cui riportiamo in questo inserto alcuni interventi.



Con la collaborazione di



IA e sanità: per governare il cambiamento dobbiamo partire dai professionisti

SANDRA MORANO

Coordinatrice Area Formazione Femminile
Anaa Assomed

DURANTE LA V CONFERENZA ANAAO DONNE, svoltasi a Firenze a novembre 2024 (*"Le ragioni delle donne che curano contro la sanità disuguale"*), grazie a un fortunato incontro tra professionisti ed esperti, si è creata un'opportunità dove clinica, etica e ingegneria biomedica hanno rappresentato l'intersezione di più insiemi.

L'evento "Il cambiamento della scena di cura, Medici, Ingegneri, Intelligenza Artificiale" è nato quindi, ospite l'OMCEO di Torino, come una giornata di studio per fornire a vecchi e nuovi protagonisti della scena di cura anzitutto uno sguardo sui reciproci background.

Attraverso l'Area Formazione Femminile il sindacato ha per la prima volta instaurato un dialogo con molte delle personalità più preminenti dell'IA in Italia, con la partecipazione anche della professoressa Franca Melfi, prima chirurga robotica in Italia. La cifra degli eventi formativi AFF anche questa volta è rappresentata da uno scambio bidirezionale tra esperti di varia estrazione. Il contributo di ingegneri provenienti dai Politecnici di Torino e Milano ci ha aiutato a raggiungere l'obiettivo di avvicinare criticamente il nostro mondo alla cultura tecnologica, ai macro-criteri di proget-

tazione dei dispositivi medici, agli scopi finali e ai rigorosi iter di validazione necessari a garantire sicurezza e performance nelle diagnosi e nei percorsi di cura. Viceversa, anche per coloro che operano nel campo biomedico e ingegneristico era fondamentale riflettere e riconsiderare il concetto di *cura*, inteso come l'espressione più alta del benessere per l'individuo. Questi tecnici, pur frequentando spesso i nostri luoghi (sale operatorie, laboratori, direzioni sanitarie), non hanno occasione di vivere la complessità e molto spesso la drammaticità del quotidiano lavoro del medico. I contributi delle Medical Humanities, con l'aiuto del mezzo filmico (medicina narrativa) sono stati il terreno ideale per trasmettere anche a chi è al di fuori della formazione medica i problemi che vecchi e giovani medici e dirigenti sanitari devono affrontare in questa fase che ci sta traghettando verso un futuro incerto e poco roseo. Tra questi, oltre alla deprivazione di mezzi e supporti, sono stati giustamente focalizzati storici nodi che da tempo affliggono i medici e che oramai si ripropongono senza che anche attraverso l'IA si intravedano soluzioni efficaci: il tema dell'errore versus speranza di infallibilità tecnologica, la deontologia medica, la didattica della medicina e l'applicazione di machine learning in sanità. Un work in progress che ha messo in condizione ingegneri, computer scientist e altri tecnici nella rete sociale del progetto di cura, di mostrare - e anche smascherare - il loro ruolo in questa partita. In conclusione, il cambiamento della scena della cura vede l'IA principale protagonista di fronte a un SSN pallido e incerto, sostenuto in massima

parte dalla presenza e azione di un convinto associazionismo di medici e dirigenti sanitari. Per questo, come testimoniano le innovazioni già largamente in uso in tutte le sedi assistenziali e di ricerca, e i sempre più diffusi interventi divulgativi (https://www.quotidianosanita.it/lettere-al-direttore/articolo.php?articolo_id=129730) è oggi più che mai necessario sviluppare attenzione e confronto alla pari verso i nuovi attori di questo scenario. E allo stesso tempo non sono più rimandabili appropriate riflessioni e azioni in ambito medico e sindacale, miranti a governare un cambiamento che mai come oggi non può che partire proprio dall'interno, da quegli stessi scenari che scandiscono le aspettative, il ruolo e le motivazioni di chi sceglie il lavoro di cura.

Un'ultima, ma non per importanza, doverosa riflessione sull'incedere concomitante, negli ultimi decenni, di IA e protagonismo femminile in Sanità. Due strade lunghe e parallele a dimostrazione che se oggi non si può fare a meno della IA, e la medicina non può esistere senza medici, l'intero scenario non può più ignorare una transizione di genere che a sua volta apre ancora più inediti orizzonti alle possibilità offerte dal progresso tecnologico. Soprattutto in un futuro ridisegnato dall'apporto della IA, le donne saranno sempre più determinanti per la tensione a migliorare le condizioni della sanità senza nascondersi la grave crisi che la attraversa. E saranno sempre più indispensabili nel sindacato per ribadire la centralità dell'insostituibile lavoro di medici e dirigenti sanitari.

SCENA E SCENE DELLA CURA

AI: storia, evoluzione e scenari futuri

ERIC A. ZIZZI

Polito^{BIO}Med Lab, Dip. di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale, Politecnico di Torino

NEL 1956, durante il Dartmouth Workshop, John McCarthy conia il termine "Artificial Intelligence", sancendo la nascita del campo dell'Intelligenza Artificiale (IA). Storicamente, i primi sistemi IA rappresentavano tentativi di emulare l'intelligenza umana mediante regole prestabilite che determinavano sequenze d'azioni corrette in specifici contesti.

Recentemente, l'IA ha subito evoluzioni importanti, mostrando capacità sorprendenti nella soluzione di problemi complessi. Giova a tal proposito chiarire la differenza tra Intelligenza Artificiale (IA), Machine Learning (ML), e Deep Learning (DL). L'IA comprende tutta l'emulazione di comportamenti intelligenti nei computer. Il ML, sottogruppo dell'IA, include gli algoritmi capaci di apprendere osservando dati, in modo simile agli umani. Il DL, sottogruppo del ML, utilizza reti neurali artificiali per elaborare ed estrarre pattern dai dati, con una struttura concettualmente simile al cervello umano.

Tra le applicazioni più promettenti dell'IA spicca certamente l'ambito medico-sanitario. Qui, l'IA ha un potenziale ancora largamente inesplorato nei processi diagnostici, prognostici e terapeutici. Gli algoritmi di IA in ambito medico possono infatti aiutare a determinare la necessità di un'azione clinica (se agire - diagnosi), oppure possono fornire raccomandazioni e previsioni (come agire - prognosi, terapia). Nel primo caso, si delega alla macchina l'individuazione di una data condizione, sollevando l'umano dal compito della mera identificazione della presenza/assenza del problema e permettendogli dunque di focalizzarsi sulle azioni successive. Nel secondo caso si chiede invece all'IA di fornire previsioni, cioè le probabilità che un evento non ancora avvenuto si realizzi in futuro.

I progressi recenti dell'IA nel contesto medico sono ben documentati (si veda ad es. McKinney et al. 2020; Kim et al. 2020; D'Ascenzo et al. 2021), con crescente interesse verso i cosiddetti modelli linguistici (LLM) come GPT-4. Rimane tuttavia significativo il cosiddetto "divario dell'IA" (*AI chasm*), cioè il divario tra le potenzialità teoriche dell'IA e la sua per ora scarsa adozione nella pratica medica. Questa contraddizione può essere meglio compresa alla luce di alcuni importanti idiosincrasie. Ad esempio, lo studio *MedAlign* del 2023 ha messo in luce le incertezze e le complessità intrinseche del processo decisionale umano in ambito medico: quando un LLM (GPT-4) suggeriva decisioni cliniche sulla base di dati forniti, gli esperti umani chiamati a valutare tale decisione risul-



tavano metà in accordo e metà in disaccordo con l'IA, senza raggiungere un consenso. In parte, ciò può essere attribuito ad una fondamentale dicotomia tra il paradigma decisionale *umano* e quello *artificiale*. Si prenda come esempio la classificazione di un'immagine medica, cioè determinare la presenza/assenza di lesioni. L'esperto umano classifica l'immagine in base non solo ai *dati di input*, cioè l'immagine in sé, ma anche in base a una serie di *informazioni contestuali*, tra cui (a) la propria conoscenza pregressa; (b) la propria esperienza ed intuizione clinica; (c) il contesto sociale e demografico; (d) altri fattori personali, emotivi o finanche legali. Unendo dunque i *dati di input* (l'immagine) alle *informazioni contestuali*, l'umano giunge ad una conclusione e classifica l'immagine come *lesione presente* oppure *lesione assente*. D'altro canto, un sistema di ML progettato per lo stesso compito, nella fase di allenamento, avrebbe accesso solamente ad un certo numero di immagini precedentemente classificate; avrebbe cioè il compito di ricostruire *a posteriori* l'insieme di criteri che hanno portato alla determinazione della *presenza* o *assenza* di lesioni. In altre parole, l'algoritmo di ML ha accesso solamente al prodotto finale del processo decisionale umano, cioè le immagini correttamente classificate, che rappresentano il risultato della distillazione della conoscenza umana in un indicatore binario (lesione assente/presente). In altri termini, l'esperto medico si affida ad un tipo di razionalità *ecologica*, che fa leva sull'intuizione selettiva e informata dal contesto, sull'esperienza e sulla capacità di mettere in dubbio le proprie conoscenze (*umiltà epistemologica*). L'IA, al contrario, opera attraverso un tipo di razionalità *statistica*, elaborando vasti insiemi di dati senza comprensione del contesto o dubbio rispetto ai propri processi decisionali. Questo si traduce in una fondamentale differenza di obiettivi: l'obiettivo dell'umano (medico) è la *cura*, bilanciando complessi vincoli

del mondo reale, mentre l'IA ha come obiettivo un'ottimizzazione puramente matematica (la *minimizzazione dell'errore*). Riconoscere e contrastare gli errori di un algoritmo di IA diventa dunque una sfida fondamentale, dovuta *in primis* proprio a questa dicotomia nel processo decisionale (Tikhomirov et al. 2024).

In aggiunta, è necessario affrontare importanti sfide normative nell'impiego dell'IA, in particolare data la natura di scatola nera ("black-box") di molti algoritmi di ML. La difficoltà nell'interpretare e comprendere i meccanismi alla base delle decisioni dell'IA complica infatti la determinazione dei profili di responsabilità (anche medico-legale), sottolineando l'urgente necessità di approcci all'IA spiegabili.

Per rendere l'IA realmente d'impatto in ambito medico-sanitario è dunque fondamentale una sinergia collaborativa tra tutte le professioni coinvolte, quali medici, ingegneri, legislatori e *policy-maker*, nonché utenti finali. Il raggiungimento di un'integrazione significativa, e quindi di giungere ad un'IA realmente *rilevante*, richiede uno sforzo collettivo e una comprensione multidisciplinare dei suoi meccanismi, dato che il successo dell'adozione dell'IA va ben oltre il semplice sviluppo degli algoritmi.

Tecnologia e Medicina: Prototipo, Prodotto, o Dispositivo Medico?

LUCA RADICE

Ingegnere esperto in certificazione DM, consulente senior

NEGLI ULTIMI ANNI, il mondo della salute ha vissuto una rivoluzione silenziosa ma profonda. L'evoluzione tecnologica, il progresso dell'intelligenza artificiale (AI) e la crescente interdisciplinarietà e complessità della materia stanno trasformando radicalmente lo scenario di cura. Oggi, la progettazione dei dispositivi medici non è più solo un compito tecnico: è il frutto di una collaborazione sempre più stretta delle competenze specifiche di medici e Ingegneri Biomedici.

IL CONTRIBUTO DELL'INGEGNERE BIOMEDICO

L'Ingegnere Biomedico si è dimostrata una figura chiave nella sanità del futuro. Il suo contributo non si limita alla progettazione dei dispositivi medici in senso stretto, ma si estende a tutto il ciclo di vita della tecnologia, dalla concezione alla validazione clinica.

Oggi, l'Ingegnere Biomedico lavora a stretto contatto con i clinici per identificare bisogni reali e tradurli in specifiche funzionali. È responsabile dell'usabilità dei dispositivi, della sicurezza, della prestazione, dell'interoperabilità con altri sistemi e del rispetto delle normative nel processo di trasformazione da idea di nuovo prodotto a prodotto utilizzabile nella pratica clinica. Inoltre, gioca un ruolo cruciale nell'integrazione dell'intelligen-

za artificiale nei dispositivi, collaborando per sviluppare modelli affidabili e clinicamente rilevanti. Un aspetto sempre più centrale è la **co-progettazione**, ovvero la creazione di soluzioni con il diretto coinvolgimento degli utilizzatori finali. L'Ingegnere Biomedico diventa così facilitatore del dialogo tra tecnologia e pratica clinica, capace di comprendere il linguaggio medico e tradurlo in soluzioni ingegneristiche efficaci.

Anche nella fase di validazione clinica, l'Ingegnere Biomedico interviene con protocolli rigorosi, contribuendo alla raccolta di dati clinici utili per valutare le prestazioni del dispositivo in condizioni reali. La sua formazione multidisciplinare — che integra ingegneria, biologia, ergonomia e normativa — è ciò che lo rende indispensabile nei team che progettano l'innovazione in sanità.

LA COLLABORAZIONE TRA PROFESSIONISTI

Il cuore di questa trasformazione è la collaborazione. Medici e Ingegneri Biomedici devono parlarsi, capirsi e lavorare insieme sin dalle fasi iniziali dello sviluppo tecnologico. Le soluzioni più efficaci nascono da team misti, in cui ogni professionista porta il proprio punto di vista: il medico fornisce il contesto clinico, l'Ingegnere Biomedico traduce le esigenze in soluzioni tecniche, l'AI è uno strumento innovativo in grado di aggiungere valore se usata in modo clinicamente significativo.

Solo così si può arrivare a dispositivi realmente utili e sostenibili.

VERSO UN SISTEMA INTEGRATO

Il futuro della sanità sarà sempre più interconnesso. Lo sviluppo di nuove tecnologie renderà necessario un dialogo continuo tra scienza medica e ingegneria. Occorre formare figure professionali che uniscano alla conoscenza specialistica le capacità pratiche necessarie in un contesto reale, professionisti capaci di operare a cavallo tra le discipline. In questo nuovo ecosistema, il miglioramento della qualità di vita rimane l'obiettivo comune.

CONCLUSIONE

La trasformazione dello scenario di cura non è solo tecnologica: è culturale. Richiede apertura, formazione continua e una visione condivisa. Medici e Ingegneri Biomedici non sono attori isolati, ma componenti di un unico sistema che lavora per il benessere delle persone. Solo attraverso la collaborazione possiamo affrontare le sfide future della medicina, rendendo la tecnologia un alleato, e non un problema in più da gestire.

Il cambiamento della scena di cura: uno sguardo di genere

CHIARA RIVETTI

Segretaria Regionale Anaa Assomed Piemonte

NEGLI ULTIMI dieci anni, il volto della medicina in Italia ha subito un'evoluzione significativa, soprattutto dal punto di vista della rappresentanza

femminile. Le studentesse iscritte ai corsi di laurea in Medicina e Chirurgia sono aumentate progressivamente, fino a rappresentare oggi la netta maggioranza degli iscritti. Questo cambiamento si riflette inevitabilmente anche nella composizione del personale sanitario all'interno del Sistema Sanitario Regionale (SSR) del Piemonte, dove la presenza femminile tra i medici è sempre più rilevante.

NEL 2024, le donne costituiscono il 56% dei dirigenti medici, una percentuale stabile rispetto al 2023. Questo dato è indicativo di un'inversione rispetto a dieci anni fa, quando nel 2014 le donne rappresentavano solo il 48% contro il 52% degli uomini. Tuttavia, questa crescita non è uniforme nei diversi livelli di responsabilità. Le donne sono ancora sottorappresentate nei ruoli apicali: solo il 46% dei responsabili di struttura semplice sono donne, mentre la percentuale scende al 25% per i responsabili di struttura complessa. Questo significa che una sola donna su quattro arriva oggi a ricoprire incarichi dirigenziali di vertice, nonostante rappresenti oltre la metà dei medici attivi. L'analisi dell'andamento negli ultimi dieci anni mostra comunque segnali incoraggianti. La percentuale di donne che accedono a ruoli di responsabilità è aumentata, anche se lentamente. Le proiezioni attuali indicano che, mantenendo il trend attuale, la parità di genere tra i responsabili di struttura semplice potrebbe essere raggiunta entro sei anni. Diverso il caso delle strutture complesse, per cui si stima che occorreranno ancora 32 anni e mezzo per arrivare a un'equa rappresentanza.

QUESTA DISPARITÀ SI RIFLETTE anche in altri ambiti dell'attività professionale, come la libera professione intramuraria. Nel 2024, in Piemonte ha svolto attività intramoenia la metà dei medici maschi e un terzo delle colleghe. Questa differenza evidenzia le difficoltà che molte donne incontrano nel conciliare la pratica clinica con ulteriori opportunità professionali, probabilmente a causa di carichi familiari.

Anche sul fronte dei contratti part-time emergono differenze di genere. Le donne con contratto part-time sono il 6,3%, mentre gli uomini si fermano al 5,1%. Entrambe le percentuali sono in crescita rispetto al 2023, segno di una tendenza più generale alla ricerca di un maggiore equilibrio tra vita privata e professionale. Tuttavia, il dato conferma che il part-time è ancora uno strumento utilizzato maggiormente dalle donne, che spesso si trovano a dover gestire in prima persona impegni familiari.

Uno sguardo alle varie specialità mediche permette di osservare come le disparità si accentuino in alcuni contesti. In Ginecologia e Ostetricia, nonostante le donne rappresentino il 70% dei dirigenti medici, solo il 17% delle strutture complesse è diretto da una donna. Lo stesso accade in Nefrologia, dove il 70% dei medici sono donne, ma appena il 17% guida una struttura complessa. In Neuropsichiatria infantile, la presenza femminile

tra i dirigenti è superiore al 90%, ma le donne alla guida delle strutture complesse sono poco più della metà. In Psichiatria, infine, le donne rappresentano il 62% dei medici, ma solo il 25% delle strutture complesse è affidato a loro.

QUESTI DATI MOSTRANO con chiarezza che la presenza femminile non basta, da sola, a garantire equità nei percorsi di carriera. Anche nei contesti in cui le donne sono la maggioranza assoluta, le posizioni di vertice restano spesso appannaggio maschile.

Sicuramente uno dei motivi è che la distribuzione dei carichi di lavoro familiari continua a essere sbilanciata a sfavore delle donne, contribuendo a discriminazioni e disuguaglianze. Secondo la teoria delle piccole differenze, non sono necessarie discriminazioni evidenti per generare profonde disparità: anche minimi svantaggi, accumulandosi nel tempo, possono ostacolare significativamente la carriera femminile.

Basti pensare a come piccoli ostacoli iniziali possano rallentare il percorso professionale delle donne, escludendole progressivamente dalla competizione per ruoli di prestigio e indirizzandole verso percorsi meno riconosciuti.

Il cambiamento è già in atto, ma perché sia davvero trasformativo serve un impegno collettivo. L'obiettivo non è solo quello di raggiungere numericamente la parità, ma di costruire un ambiente lavorativo in cui il talento, l'esperienza e la competenza possano emergere indipendentemente dal genere. Solo così si potrà garantire una sanità più equa, efficace e rappresentativa della società che serve.

Intelligenza Artificiale e Fisica Medica: percorsi e sinergie

SARA FATTORI

UO Fisica Medica AST Macerata

LA COLLABORAZIONE tra fisica e medicina ha radici profonde e ha portato a scoperte che hanno rivoluzionato il settore sanitario. Già nel 1895, il fisico W.K. Roentgen scoprì i raggi X, realizzando la prima radiografia della storia. Otto anni dopo, i fisici Marie e Pierre Curie, insieme a Henri Becquerel, ricevettero il Premio Nobel per la scoperta della radioattività, aprendo la strada a nuove applicazioni in campo medico. Nel 1979, l'ingegnere Godfrey Hounsfield ed il fisico Allan Cormack ottennero il Nobel per lo sviluppo della Tomografia Assiale Computerizzata (TAC), mentre nel 2003 il chimico Paul Lauterbur e il fisico Peter Mansfield lo ricevettero per la Risonanza Magnetica. Queste innovazioni, frutto di collaborazioni multidisciplinari, hanno segnato profondamente la storia della medicina, migliorando le capacità diagnostiche e terapeutiche e ponendo le basi per lo sviluppo delle tecnologie odierne.

L'innovazione tecnologica continua infatti a giocare un ruolo centrale nella medicina, rendendo

SCENA E SCENE DELLA CURA

le procedure diagnostiche e terapeutiche sempre più precise ed efficaci. Un esempio significativo è rappresentato dalla medicina nucleare, che ha compiuto un grande passo avanti nel 1977 con la nascita della PET. Questo sistema ha permesso di ottenere immagini funzionali del corpo umano, rivoluzionando la diagnostica delle malattie oncologiche e neurologiche. Parallelamente, la radioterapia ha beneficiato dei progressi tecnologici con l'obiettivo di massimizzare la dose al bersaglio, minimizzando al contempo i danni ai tessuti sani circostanti. A tutto ciò si aggiunge lo sviluppo della radiomica, una disciplina che analizza in modo quantitativo le immagini radiologiche e permette di ottenere informazioni che non sarebbero visibili a occhio nudo, contribuendo così alla medicina di precisione.

In questo contesto, l'Intelligenza Artificiale sta assumendo un ruolo sempre più rilevante, rivoluzionando il settore sanitario sia in ambito diagnostico che terapeutico. In diagnostica, sistemi di deep learning analizzano le immagini radiologiche con una precisione sempre maggiore, supportando i medici nell'identificazione precoce di patologie. In terapia, l'uso di modelli predittivi aiuta a identificare correlazioni tra biomarker e caratteristiche genetiche dei pazienti, favorendo trattamenti personalizzati. Inoltre, l'IA è fondamentale per l'ottimizzazione delle terapie, in particolare nella pianificazione radioterapica, dove consente di migliorare l'efficacia delle cure riducendo al minimo gli effetti collaterali.

Il ruolo dello Specialista in Fisica Medica (Fisico Medico) è centrale in questo scenario di continua innovazione. Si tratta di una figura professionale riconosciuta dalla legge, che opera in diversi ambiti della sanità garantendo la sicurezza delle procedure diagnostiche e terapeutiche. La sua attività spazia dalla dosimetria alla radioprotezione, assicurando che le radiazioni siano utilizzate in modo sicuro ed efficace. Inoltre, il Fisico Medico contribuisce attivamente allo sviluppo di nuove tecnologie e alla valutazione dell'impatto delle innovazioni in ambito sanitario, grazie all'Health Technology Assessment (HTA). La formazione di questa figura professionale prevede un percorso altamente specializzato, che include una laurea magistrale in fisica e una successiva specializzazione in fisica medica.

Nonostante le enormi potenzialità, l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale in ambito medico presenta alcune criticità che devono essere affrontate. Una delle principali sfide riguarda la qualità e la standardizzazione dei dati, poiché l'utilizzo di dataset omogenei è fondamentale per garantire l'affidabilità dei modelli predittivi. Un altro aspetto delicato è il rischio di overfitting e underfitting: nel primo caso, il modello diventa troppo specifico e si adatta ai dati passati senza riuscire a generalizzare su nuovi casi; nel secondo caso, invece, il modello risulta troppo semplice



per cogliere la complessità delle informazioni mediche. Inoltre, la certificazione degli algoritmi di IA è un processo complesso, in quanto l'apprendimento continuo dei sistemi rende difficile prevederne l'evoluzione e validarne i risultati.

Un esempio concreto di come l'Intelligenza Artificiale stia già trasformando la medicina è rappresentato dai progressi in radioterapia. Grazie ad algoritmi avanzati, è possibile segmentare automaticamente organi e tumori nelle immagini mediche, riducendo i tempi di elaborazione e il rischio di errore umano. L'IA consente inoltre di ottimizzare i piani di trattamento, personalizzando le dosi per ogni paziente e proteggendo al massimo i tessuti sani, sempre con l'intervento del Fisico Medico per la verifica ed adattamento di ogni passaggio. Il machine learning è in grado di prevedere la risposta del paziente alla terapia, contribuendo così a migliorare gli esiti clinici. L'integrazione dell'IA nei flussi di lavoro ospedalieri rappresenta quindi un valido supporto per radioterapisti e fisici medici, rendendo la radioterapia più veloce, accurata e adattabile alle esigenze individuali.

Guardando al futuro, l'Intelligenza Artificiale si sta consolidando come un pilastro fondamentale della sanità moderna. L'analisi di Big Data e l'impiego di tecniche di Machine Learning stanno aprendo nuove prospettive per le diagnosi precoci e i trattamenti personalizzati, mentre la sanità digitale e la telemedicina stanno migliorando l'accesso alle cure, consentendo una maggiore continuità assistenziale. Inoltre, sempre più centri ospedalieri stanno formando team multidisciplinari dedicati all'applicazione e all'ottimizzazione dell'IA nei processi clinici. In questo scenario in continua evoluzione, il Fisico Medico gioca un ruolo chiave nel garantire sicurezza, qualità e innovazione nei trattamenti, contribuendo all'integrazione delle nuove tecnologie nella pratica clinica e assicurando che il progresso scientifico sia sempre al servizio del paziente.

IL CAMBIO DI SCENA NEL LAVORO DI CURA. DONNE IN MAGGIORANZA: REPLACEMENT O TRASFORMAZIONE?

Tecnologie biomediche, equità e intelligenza artificiale: un nuovo patto tra medicina, ingegneria e bioetica.

MANUELA APPENDINO

Ingegnere biomedico, bioeticista, Pres. We Wom Engineers Ets, Coordinatore commissione clinicobiomedica Ordine Ing. Torino, Councillor Eambes (associazione europea ing. Biomedici) per gender equity - career - minorities

L'inizio di un dialogo necessario promosso dall'Area Formazione Femminile dell'Anaa Assomed con professioni e professioniste/i della cura.

Durante la V Conferenza Anaa dedicata alle donne, svoltasi a Firenze nel novembre 2024 e intitolata "Le ragioni delle donne che curano contro la sanità disuguale", per la prima volta un tavolo multidisciplinare ha riunito clinica, bioetica e ingegneria biomedica, creando uno spazio comune in cui riflettere sull'innovazione sanitaria e sull'equità dei percorsi di cura.

È emersa con forza l'urgenza di ampliare la discussione sulla cultura tecnologica, ponendo attenzione ai criteri di progettazione dei dispositivi medici: dalla destinazione d'uso alla finalità clinica, fino agli iter di validazione indispensabili per garantire sicurezza e performance adeguate.

L'attenzione crescente sulla salute femminile ha messo in luce criticità mai affrontate con sufficiente concretezza: il **gender data gap**, i gap clinici e diagnostici di genere, e il ruolo sempre più centrale del settore **FemTech**. Quest'ultimo, acronimo di "female technology", definisce il mercato delle tecnologie dedicate alla salute femminile. Il termine è stato coniato da Ida Tin, CEO dell'app Clue, che nel 2021 ha ricevuto l'autorizzazione della Food and Drug Administration (FDA) statunitense per una funzionalità di contraccettione digitale integrata nell'app.

Negli ultimi 60 anni siamo passati da un approccio medico quasi indifferente alle diversità individuali - ignorando effetti avversi specifici legati al sesso o all'età - a un contesto in cui si comincia a porre domande fondamentali sull'evoluzione stessa della medicina e delle tecnologie biomediche. Anche le patologie cambiano, così come si evolve il corpo umano in relazione a fattori ambientali, climatici e all'invecchiamento globale.

Se da un lato è necessario rafforzare il controllo sui percorsi terapeutici e sull'aderenza alle cure, dall'altro è urgente sviluppare una vigilanza più accurata sui dispositivi medici, già presenti sul mercato o in fase di sviluppo. Il Regolamento UE 2017/745 (MDR) ci offre una guida chiara, introducendo criteri progettuali stringenti - destinazione d'uso, target paziente, funzioni, modalità operative - per minimizzare il rischio clinico e garantire dispositivi realmente efficaci e sicuri. Que-

sto quadro normativo è stato recentemente integrato dal Regolamento Europeo sull'Intelligenza Artificiale (AI Act).

L'aumento esponenziale dei dati sanitari e la crescente complessità delle tecnologie ci mostrano quanto l'intelligenza artificiale (IA) stia diventando parte integrante dei processi clinici. Le principali aree di applicazione dell'IA riguardano la diagnosi, il supporto decisionale, l'engagement del paziente e l'aderenza terapeutica. Tuttavia, non tutte le soluzioni sono immediatamente applicabili nella pratica clinica quotidiana: è fondamentale distinguere ciò che è utile e implementabile da ciò che richiede ancora sviluppo, test e adattamenti.

Lo sviluppo dell'IA come dispositivo medico rappresenta una delle sfide più avanzate – e complesse – della medicina contemporanea. Secondo il Regolamento MDR, un software è considerato dispositivo medico quando ha una finalità medica (diagnosi, prevenzione, monitoraggio, trattamento). Ma la qualità dell'IA è direttamente proporzionale alla qualità dei dati su cui viene addestrata. Molti dataset clinici presentano bias e scarsa rappresentatività delle minoranze (donne, persone anziane, gruppi etnici minoritari). Lo studio di Obermeyer et al. (Science, 2019) ha dimostrato che un algoritmo predittivo ampiamente utilizzato negli USA sottostimava i bisogni sanitari dei pazienti afroamericani, creando disuguaglianze significative.

È qui che interviene la bioetica. Il principio di equità impone che le tecnologie non aumentino, bensì riducano, le disuguaglianze. Un algoritmo che funziona meglio per alcuni gruppi può generare esiti clinici iniqui per altri. Lo sviluppo etico dell'IA in medicina deve basarsi su co-progettazione con clinici e pazienti per garantire usabilità, trasparenza ed equità; formazione continua del personale sanitario per un uso consapevole dell'IA, valorizzando il concetto di decisione aumentata e non sostituita, in ultimo modelli di governance adattivi, capaci di accompagnare l'intero ciclo di vita dell'algoritmo.

Su questi tre pilastri – medicina, ingegneria biomedica e bioetica – si è fondata la **Giornata di Studio del 28 febbraio 2025**, dal titolo *"Il Cambiamento della scena di cura. Medici e intelligenza artificiale"*, organizzata presso la Sala Conferenze dell'Ordine dei Medici di Torino per il Convegno **Anaao Assomed / Fondazione Pietro Paci**.

Un'occasione preziosa per riflettere insieme sulla necessità di sviluppare soluzioni tecnologiche **etiche, inclusive e sicure**, in grado di rispondere alle sfide della medicina contemporanea senza lasciare indietro nessuno.

Riferimenti principali

- Obermeyer, Z., Powers, B., Vogeli, C., & Mullainathan, S. (2019). *Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations*. Science, 366(6464), 447–453.

Ma di cosa ancora abbiamo bisogno?

ROSSELLA MELCARNE

Chirurga generale, Università La Sapienza - Roma

ABBIAMO SCELTO questo titolo, Sandra ed io, perché ci sentiamo spettatrici di uno stesso film. Un film in cui quello che accade è chiaro, evidente, persino inevitabile agli occhi di chi guarda... eppure il protagonista sembra non accorgersene. Avete presente quel momento in cui Truman, dopo un'intera vita vissuta dentro una prigione invisibile, arriva al confine del suo mondo? Tocca il cielo dipinto, il limite di quella che ha sempre creduto realtà.

È lì, con la mano poggiata sulla parete che separa la sicurezza dall'ignoto. Il mondo intero lo guarda. Noi lo guardiamo.

"Vai! Apri quella porta! Esci!"

Eppure, lui esita. Resta fermo. Immobile.

Quante volte, nella nostra vita, ci troviamo in quello stesso punto? Cresciamo, studiamo, lavoriamo, ci aggiorniamo, lottiamo per ottenere spazi di libertà, di emancipazione, di parità... e poi? Poi restiamo lì, con la mano appoggiata al confine, incapaci di varcarlo. Non perché ci manchino le capacità, ma perché ci hanno fatto credere che aspettare sia più sicuro.

Ma il mondo non aspetta. La realtà cambia, evolve, si trasforma. E la scena di cura è cambiata con esso.

Non possiamo più ignorarlo. Non possiamo chiudere gli occhi o mettere la testa sotto la sabbia.

Pensiamo alla chirurgia: la chirurgia robotica ha rivoluzionato le sale operatorie, la *digital pathology* ha cambiato il nostro approccio alla diagnosi, l'intelligenza artificiale sta riscrivendo il nostro rapporto con i dati e con la medicina di precisione. È un cambiamento che riguarda ogni specialità, ogni campo della scienza, medica e non. E non è qualcosa di cui avere paura, perché non ci snatura. Non ci sostituisce. **Deve potenziare le nostre possibilità.**

Ma perché questo accada, dobbiamo accettare la trasformazione. Dobbiamo smettere di rimanere immobili davanti alla porta, come Truman. Il medico del futuro non è colui che si aggrappa disperatamente a vecchi modelli ormai superati, ma chi sa integrare la tecnologia con ciò che di più umano possediamo: la nostra empatia.

E in questo, noi donne abbiamo una risorsa in più. Come diceva Umberto Veronesi, la donna è portata per natura all'armonia, all'equilibrio, alla calma. Qualità che la rendono non solo una guida nella relazione di cura, ma anche un elemento essenziale in questa transizione epocale. Perché il vero progresso non è solo tecnologico, è anche etico, è umano. E chi meglio di noi può bilanciare innovazione e sensibilità?

Dunque, di cosa abbiamo ancora bisogno?

Forse solo di un atto di coraggio. **Di scegliere di uscire da quella porta.**

Perché, come Truman, non possiamo restare fermi a guardare il mondo che cambia. Dobbiamo farne parte.

"E se mai non vi rivedessi... Buongiorno, buonasera, buonanotte."

DELL'ERRARE E DELL'ERRORE

Intelligenza artificiale ed errore medico

GIACOMO DELVECCHIO

Medico e formatore, Consigliere SIPeM, membro Fondazione Pietro Paci

VI SONO MOLTE COSE di cui non si può dare una definizione univoca, e l'errore è tra queste; però, ne abbiamo conoscenza intuitiva ed immediata e ci capiamo reciprocamente quando ne parliamo, e questo ci basta. Tra i temi che hanno sempre coinvolto a fondo i medici vi è proprio l'errore. Già agli esordi della medicina razionale, Ippocrate lodava non colui che non commette errori, ma colui che commette solo lievi errori nell'esercizio di un'"arte lunga" e particolarmente insidiosa in cui "il giudizio è difficile".

Anche se questo spaventa i cittadini, la scienza medica, che pure molto ha fatto e molto ancora di più promette per la salute delle persone, commette ancora errori nella dottrina che proclama e che è sempre in progress con continue correzioni. Analogamente commette ancora errori il singolo medico di fronte ai suoi malati e spesso questi errori sono aggravati da una tecnologia mal usata. Questa è la prima lezione che si apprende: disintinguere gli errori della medicina dagli errori dei medici, i primi celebrati sui libri, i secondi sbattuti sui giornali, senza sapere quali dei due sono più funesti. I medici sbagliano; bisogna prenderne atto con realismo. Non esiste una medicina a rischio zero se non nella mente di coloro che promuovono la qualità totale a profilassi di ogni errore. Del resto, nonostante ogni sforzo profuso sia per questioni epistemologiche che etiche ma anche solo per custodire l'immagine sociale della professione, gli errori dei medici sono ineliminabili e, da migliore letteratura al riguardo, rimangono stabili in una misura stimata tra il 5% e il 15%².

Ma come sbagliano i medici?

Sicuramente sbagliano in maniera ripetitiva, altrimenti non si sommerebbero errori ad errori, né si replicherebbero nel tempo gli stessi errori. Esiste quindi qualcosa nelle disposizioni mentali delle persone, un bias si dice oggi, forse più attivo in alcuni rispetto ad altri, che impedisce di riconoscere e di imparare dall'errore proprio e dei colleghi. I medici, nello specifico, sbagliano quando non riconoscono una malattia e la scambiano per un'altra (misdiagnosis) e poi sbagliano per eccesso di diagnosi (e di terapia) così come sbagliano per difetto di diagnosi (e di terapia). Nell'eccesso di diagnosi rientrano i falsi positivi (diagnosi di condizioni morbose inesistenti), le sovradiagnosi, ossia le diagnosi di malattie asintomatiche e ininfluenti sull'aspettativa di vita nonché le mongering disease ossia quelle condizioni dell'esistere

1 Ippocrate, *Aforismi e giuramento*, Newton Compton, Roma 1994

2 OCSE Health Working Papers No. 176, *The Economics of Diagnostic Safety*, 2025

DELL'ERRARE E DELL'ERRORE

fisiologico medicalizzate senza alcuna necessità. Nel difetto di diagnosi rientrano i falsi negativi, condizioni morbose presenti nel malato ma non riconosciute tali dal medico o, in subordine, le condizioni, frequenti fino ad un caso su cinque in medicina generale, e note come medical unexplained symptom³ per le quali l'attesa con sospensione di giudizio può essere indicata.

Queste sono le prime categorizzazioni dell'errore medico e a queste possiamo riferirci per ogni altra considerazione sapendo che l'errore è seducente per tutti i medici pratici ed è intrigante alla mente di chi si occupa di come i medici fanno quello che fanno, di come fanno quello che fanno, di come fanno quello che non fanno, di come (ri) fanno quello che fanno che non va fatto.

Ecco allora benvenuta l'intelligenza artificiale (AI) che ha avverato un sogno dell'umanità: l'automa giocatore di scacchi; la macchina che, indifferente a stimoli emotivi e non soggetta a bias mentali, supplisce l'uomo in operazioni intelligenti, anche se qui non si tratta più di operare ma di pensare o, realisticamente, di simulare il pensiero umano raccogliendo e censendo quel che l'uomo ha già pensato. Questa è la virtù dell'AI ed insieme ne è il limite: circoscriverne la creatività (è lecito usare questo termine in riferimento ad una macchina?) entro un confine umano ben delimitato da quel che è già noto. Ma anche questo che sto scrivendo non è, forse, un errore? È vero: l'AI si muove entro confini definiti, ossia entro margini posti dall'uomo costituiti dai sistemi di addestramento e di alimentazione della macchina, ma nel muoversi entro questi confini non coglie rapidamente pattern e relazioni statistiche all'interno di *megadati* che sono impossibili a cogliersi *naturaliter* dalla mente umana? E questa capacità rapidissima di analisi che porta ad un risultato tangibile non rende l'AI creativa o quanto meno *generativa* di qualcosa? E come fare a privare il medico di domani (oggi è l'alba di domani) di questi supporti? Impossibile se non inutile mettere ostacoli di qualsiasi natura, siano essi normativi o morali o educativi, se già il 28% dei medici inglesi riferisce di usare l'AI di chatGPT per la soluzione di quesiti diagnostici⁴. Del resto, se chatGPT (e similari) libera il medico da fatiche (criterio di risparmio cognitivo) e in un tempo rapidissimo (criterio di efficienza) gli fornisce la soluzione (criterio di efficacia) risolvendo il problema del suo malato (criterio di beneficiabilità) ad un costo irrisorio (criterio di economicità) perché rigettarla? Anzi: una macchina siffatta andrebbe obbligatoriamente accolta! Ancor più dato che la macchina distribuisce sui tanti quella capacità di lettura del malato che la natura ha riservato a quei pochi medici dotati di penetrante occhio clinico. In aggiunta a tutto questo si

3 Husain M., Chalder T., Medically unexplained symptoms: assessment and management, *Clin Med* 2021;21(1):13-18. doi: 10.7861/clinmed.2020-0947

4 Blease C.R., Locher C., Gaab J., et al., Generative artificial intelligence in primary care: an online survey of UK general practitioners, *BMJ Health Care Inform* 2024;31: e101102. doi:10.1136/bmjhci-2024-101102

consideri che l'atto del decidere oggi in medicina è assai più complesso che nel passato, in cui i ruoli sociali e i contesti della decisione non erano, con un termine alla moda, fluidi. La scelta di oggi avviene in un conteso di scienza post normale (PNS), per recuperare un termine introdotto qualche anno fa, in cui "i fatti sono incerti, i valori sono disputati, la posta in gioco è alta e le decisioni sono urgenti"⁵ e qui l'AI viene incontro. Per conferma chiediamo proprio a chatGPT che risponde:

ChatGPT, e l'intelligenza artificiale in generale, possono essere visti sia come un prodotto della scienza post-normale, sia come uno strumento per affrontarla:

1 **Prodotto della PNS: L'IA nasce in un contesto in cui:**

- La produzione di conoscenza è altamente incerta (ad esempio, i modelli di deep learning funzionano in modi che non comprendiamo completamente).
- I valori etici e sociali sono oggetto di dibattito (ad esempio, bias nell'IA, IA responsabile).
- Le poste in gioco sono elevate (ad esempio, IA nella sanità, sistemi autonomi).
- Le decisioni devono essere prese rapidamente (ad esempio, regolamentazione dell'IA, rilevamento della disinformazione).

2 **Lo sviluppo dell'IA coinvolge collaborazioni interdisciplinari, il coinvolgimento di diversi attori e l'evoluzione delle norme—tutti elementi tipici della PNS.⁶**

A fronte di questo che è un potenziale vantaggio per il decisore, si paventa da alcuni che questi sistemi inaridiscano le capacità investigative e di ragionamento del medico. Siamo consapevoli che anche l'uso della calcolatrice ha inaridito la capacità di fare le divisioni, ma quale ingegnere strutturista si risolve nel fare a mano i calcoli per la costruzione di un grattacielo? Ciò non vuol dire che non li controlli: ecco l'azione dell'uomo nei confronti della macchina: controllo e supervisione, esattamente come fa l'ingegnere strutturista e come fa il medico di laboratorio che controlla e supervisiona le macchine che per lui eseguono i test bioumorali. Ma l'AI è opaca, si dice da altri, è una scatola nera in cui non si può "guardare dentro" e quindi non la si può controllare nel suo decrittare i dati in ingresso per un'uscita. Vero; però funziona. Con una cosa che dimentichiamo di dire noi medici: anche la mente diagnostica è opaca (quale dottore saprebbe dire come nascono le idee della diagnosi nella sua mente?) però funziona (e infatti ci vantiamo coi colleghi delle nostre rapidissime soluzioni intuitive). Funziona; quindi basta? Una bella domanda per i medici di domani.

5 Castree N., Hulme M., Proctor J.D., (editors), *Companion to Environmental Studies*, https://www.routledge.com/Companion-to-Environmental-Studies/Castree-Hulme-Proctor/p/book/9781138192201?srsltid=AfmBOorzWlwDM8KFZcQAYe4p00_tusCDnNAkrDFgeUC5hYdLNeahNFdz

6 <https://chatgpt.com/c/67ee6f80-bcd4-8005-a883-86dd2b79d546>

DALLE APPLICAZIONI ALL'INSEGNAMENTO APPRENDIMENTO. O VICEVERSA?

Intelligenza Artificiale, Deontologia Medica ed Etica

GUIDO GIUSTETTO

Presidente Omceo Torino

L'intelligenza artificiale (IA) ha fatto irruzione nella medicina con impatti sempre più estesi: dalla diagnostica per immagini alla farmacologia, fino alle cure primarie. Il suo potenziale è enorme, ma solleva interrogativi fondamentali, soprattutto riguardo al rapporto tra medico e paziente.

Uno dei temi più delicati è l'effetto dell'IA sulla relazione clinica: quali spazi lascia alla decisione umana? Come preservare la fiducia del paziente? È in questo contesto che si innestano i dilemmi deontologici ed etici.

Un utile punto di partenza è l'analisi dei quattro principi fondamentali della bioetica:

- **Beneficenza:** l'IA deve promuovere il benessere e rispettare la dignità delle persone.
- **Non maleficenza:** è essenziale proteggere i dati personali e impedirne un uso improprio.
- **Autonomia:** la decisione deve restare nelle mani del medico e del paziente, garantendo la possibilità di rifiutare o modificare le indicazioni dell'IA.
- **Giustizia:** l'accesso e i benefici dell'IA devono essere equamente distribuiti, evitando bias nei dati e nei risultati.

A questi si aggiunge un quinto principio, oggi imprescindibile: l'esplicabilità. Secondo pensatori come Luciano Floridi, è necessario che il medico comprenda – e possa spiegare – come un sistema di IA giunge alle sue conclusioni. Non basta che l'algoritmo funzioni: deve essere trasparente. Senza questa comprensione, il rischio è di accettare ciecamente i suoi output, perdendo il controllo clinico e la fiducia del paziente.

È fondamentale che i medici siano formati all'uso dell'IA, per governare strumenti sempre più sofisticati. In particolare, devono poter riconoscere ed evitare i bias: errori o distorsioni nei dati (clinici, anagrafici, strumentali) possono alterare i risultati. Anche la qualità delle fonti e la coerenza tra il contesto clinico reale e i dati usati per addestrare l'algoritmo sono determinanti. Un esempio emblematico: alcuni sistemi trascuravano la polmonite nei pazienti asmatici perché nei dati storici questi avevano un basso tasso di mortalità – non per mancanza di rischio, ma grazie a cure tempestive. Senza una lettura critica, il medico rischia di replicare errori su larga scala.

Spiegare al paziente come si arriva a una diagnosi o a una decisione terapeutica è parte del lavoro clinico. L'IA non è neutra: una diagnosi può variare in base a ciò che l'algoritmo privilegia – durata della vita o qualità della vita, per esempio. Il medico diventa quindi un mediatore tra la macchina, il dato clinico e i valori del paziente. Solo

così si evita di trasformare la medicina basata sulle prove (EBM) in una medicina guidata dai dati (DDM), rischiando di escludere l'esperienza del medico e la volontà del paziente. Questa preoccupazione porta a chiedersi se sia necessario pensare ad un diritto all'interazione umana nei processi automatizzati.

Anche il tema della responsabilità è centrale. Quando l'IA suggerisce una direzione diversa da quella del medico, chi decide? E chi risponde in caso di errore? La responsabilità - a oggi - resta in capo al medico, che deve documentare le decisioni prese e motivarle, soprattutto se divergono da quanto suggerito dal sistema. Alcuni ipotizzano forme di responsabilità diretta per i sistemi di IA, con fondi di garanzia o assicurazioni obbligatorie, ma per ora è il medico il garante dell'affidabilità degli strumenti che usa.

Un ulteriore nodo riguarda il consenso informato. Se l'IA è un dispositivo medico, il paziente deve sapere che viene utilizzata e autorizzarne l'impiego. Ma quanto può essere davvero "informato" il consenso, se il medico stesso non conosce fino in fondo come funziona l'algoritmo? Senza trasparenza, si rischia di chiedere al paziente di firmare un "consenso algoritmico" su basi ignote. Alla luce di tutto ciò, i principi guida per l'uso deontologicamente corretto dell'IA da parte del medico possono essere così sintetizzati:

- **Controllo** umano tramite formazione, competenza e strumenti certificati
- **Rispetto** della persona e assenza di discriminazioni

- **Responsabilità** professionale chiara e definita
- **Trasparenza** dei processi decisionali
- **Robustezza** e sicurezza degli algoritmi
- **Tutela** della privacy e gestione responsabile dei dati

L'IA sarà dunque un alleato o un ostacolo nella relazione medico-paziente? Dipenderà da come verrà integrata. Potrà migliorare la qualità dell'assistenza se il medico saprà sfruttarne la capacità predittiva restando protagonista nella spiegazione, nella scelta e nell'azione. In fondo, l'IA non è né intelligente né davvero artificiale: non sa "perché" decide, e lavora su dati che sono il prodotto di scelte umane. Non sostituirà il medico, ma saranno i medici che sapranno usarla a sostituire quelli che la ignorano.

Intelligenza artificiale e didattica della medicina: una meta-sintesi critica

FABRIZIO CONSORTI

Società Italiana di Pedagogia Medica (SIPeM)

MARIKA D'ORIA

Centro d'Eccellenza in Oncologia Ospedale Isola Tiberina - Gemelli Isola, Roma

La formazione medica si trova ad affrontare diverse sfide nello scenario attuale. Nonostante l'integrazione dell'Intelligenza Artificiale (IA) e delle soluzioni digitali nell'assistenza sia ancora agli al-



bori, è necessario comprenderne e valutarne i reali benefici, al di là di entusiasmi e timori

Se consideriamo l'introduzione dell'IA nella formazione medica alla luce del modello di diffusione dell'innovazione di Rogers (Rogers EM., 1962) potremmo dire che ci troviamo ancora nella fase iniziale di "conoscenza" o all'inizio della fase di "persuasione". Con questi termini si intende rispettivamente la comprensione critica del funzionamento di una procedura innovativa e la formazione di un atteggiamento tendenzialmente favorevole ad essa.

Il termine IA fa ormai parte del discorso attuale sullo sviluppo futuro dell'economia e dell'ambiente di lavoro (Mamedov et al., 2018), della vita sociale e dell'istruzione (Williamson, 2024). Il termine IA riunisce molti metodi e applicazioni computazionali diversi. L'IA sta prendendo piede anche nella formazione medica, sia come argomento di apprendimento (Jafri et al., 2024) sia come strumento per migliorare le possibilità di insegnamento e le interazioni con gli studenti.

Un'attenzione particolare è stata dedicata all'uso dei Large Language Models, come ChatGPT (Xu et al., 2024). Gli studenti si sono dimostrati disposti a includere l'IA come argomento nel curriculum di medicina (Jackson et al., 2024). Alcuni studi quantitativi hanno esplorato l'efficacia degli strumenti e dei metodi basati sull'IA per l'apprendimento nella formazione medica (Truong, 2016) (An & Wang, 2024) (Fazlollahi et al., 2022), basandosi principalmente su esperimenti su piccola scala o su sondaggi autosomministrati di soddisfazione. Secondo la revisione sistematica di Gazquez-Garcia J. et al. (2025) le aree di competenza da sviluppare per un uso consapevole del-



DALLE APPLICAZIONI
ALL'INSEGNAMENTO
APPRENDIMENTO. O VICEVERSA?

le IA in medicina sono i fondamenti dell'IA, le basi della data analytics, i problemi di management e le considerazioni etiche.

Meno studi qualitativi hanno indagato la percezione di questi nuovi ambienti di apprendimento da parte di studenti e insegnanti. Questi studi erano principalmente rivolti a indagare la consapevolezza e la necessità di includere l'IA nei curricula di medicina (Moldt et al., 2024) o a confrontare qualitativamente le prestazioni di un sistema di IA con quelle di un esperto umano (Shamim et al., 2024). Il più delle volte, le conclusioni di questi studi sono state riportate con scarsa considerazione dei meccanismi di apprendimento in gioco e senza un quadro teorico esplicitamente dichiarato nell'interpretazione dei risultati.

Una sintesi qualitativa di letteratura, condotta con metodo meta-etnografico, circa la conoscenza e atteggiamento di studenti e docenti ha restituito cinque temi: utilità dell'IA, verosimiglianza dell'IA, comprensione critica da parte degli utenti dell'IA, natura dialogica e sociale dell'IA, multidisciplinarietà come ambiente di progettazione (Consorti F., D'Oria M., 2025). Tutti e cinque i temi includevano argomenti a favore ma anche alcuni timori verso le IA, ritenute un ulteriore argomento di studio che aggrava un curriculum già pesante, talora caricaturali nelle loro risposte, sospette di problemi etici. Il tema più forte è a nostro avviso l'obbligo di fatto che l'uso delle IA impone ad un lavoro interdisciplinare e interprofessionale, esigenza sentita anche per altri aspetti della formazione e della professione medica stessa.

Verso una fiducia consapevole: spiegabilità, robustezza e collaborazione nell'Intelligenza Artificiale per la cura

KRISTEN M. MEIBURGER

Polito^{BIO} Med Lab, Dipartimento di Elettronica e Telecomunicazioni, Politecnico di Torino, Torino, Italy

Negli ultimi anni, l'intelligenza artificiale (IA) ha rivoluzionato molteplici aspetti della medicina, dalla diagnostica all'organizzazione ospedaliera, fino alla medicina personalizzata. Tra le applicazioni più promettenti si collocano quelle che coinvolgono il machine learning su immagini e segnali biomedici, offrendo strumenti diagnostici potenti, capaci di individuare pattern altrimenti invisibili all'occhio umano. Tuttavia, l'efficacia clinica di tali strumenti non può prescindere da un elemento fondamentale: la fiducia.

Affinché l'IA diventi davvero parte integrante della scena di cura, è necessario che le sue predizioni siano spiegabili, robuste e accompagnate da



una quantificazione dell'incertezza. Questo vale tanto per l'analisi automatica di immagini, quanto per i segnali ECG o EEG, o per i dati clinici strutturati e non. La "scatola nera" dell'algoritmo non è compatibile con un contesto dove ogni decisione ha ricadute sulla vita delle persone: per questo motivo, la spiegabilità (explainability) è oggi una frontiera irrinunciabile, non solo per motivi etici, ma anche per garantire l'affidabilità clinica. Strumenti come le saliency map, le class activation map (CAM) o i metodi SHAP possono fornire informazioni importanti sui fattori che hanno influenzato la predizione di un modello. Per esempio, in ambito radiologico, evidenziare le regioni polmonari che hanno contribuito alla diagnosi di una polmonite in una radiografia toracica può aiutare il medico a validare o rivedere la valutazione del modello; analogamente, nella classificazione di segnali ECG, l'identificazione dei tratti del tracciato maggiormente rilevanti per la diagnosi automatica di aritmie migliora la trasparenza e facilita il confronto clinico.

La quantificazione dell'incertezza, inoltre, gioca un ruolo cruciale nel definire i confini entro cui una predizione può essere considerata affidabile. Tecniche come il Bayesian deep learning, l'uso di ensemble, ed il metodo di dropout Monte Carlo offrono strumenti per esprimere non solo *cosa* il modello prevede, ma anche *con quale grado di confidenza*. Questo aspetto è essenziale per orientare le decisioni cliniche in modo consapevole, evitando sia un'eccessiva dipendenza dall'IA, sia il suo rifiuto pregiudiziale.

Un ambito particolarmente interessante riguarda la possibilità di integrare spiegabilità e incertezza all'interno di un unico framework interpretativo. Ad esempio, metodi che evidenziano le regioni di un'immagine medica più rilevanti per la predizione possono essere arricchiti da mappe che indicano dove il modello è meno sicuro. In questo modo, l'attenzione del medico può essere guidata non solo da cosa il modello ha visto, ma anche da quanto lo ha visto chiaramente. Analo-

gamente si può quantificare anche l'incertezza dei metodi di spiegabilità, calcolando ad esempio la correlazione tra le immagini CAM di spiegabilità. La sinergia tra queste due dimensioni consente un'interazione più informata tra medico e algoritmo.

Queste considerazioni si applicano anche a tecnologie emergenti, come l'imaging fotoacustico: una modalità ibrida in cui il tessuto biologico viene illuminato con luce pulsata e la risposta generata sotto forma di ultrasuoni viene analizzata. L'IA, in questo contesto, può supportare la ricostruzione dell'immagine, il riconoscimento delle strutture e persino l'identificazione precoce di anomalie, ma l'affidabilità del processo resta un nodo centrale. Anche in questo caso, l'integrazione di tecniche di interpretabilità e incertezza consente di aumentare la trasparenza del sistema, migliorando la comunicazione medico-tecnologica.

Infatti, la vera innovazione non risiede soltanto negli algoritmi, ma nella relazione tra chi li sviluppa e chi li utilizza. La collaborazione tra medici, ingegneri, data scientist e professionisti sanitari non è accessoria, ma fondativa. Solo attraverso un dialogo continuo è possibile individuare i bisogni clinici reali, interpretare correttamente i risultati dei modelli e adattare le soluzioni tecnologiche al contesto sanitario. Questa cooperazione si traduce anche in un linguaggio comune, in strumenti educativi condivisi, e in percorsi di validazione clinica rigorosi.

In conclusione, il cambiamento della scena di cura non può limitarsi all'introduzione di nuove tecnologie, ma deve fondarsi su un approccio integrato, in cui la fiducia nella macchina deriva dalla sua trasparenza, dalla sua capacità di gestire l'incertezza e, soprattutto, dalla sua co-progettazione insieme a chi ogni giorno prende decisioni per la salute degli altri.