

Intelligenza Artificiale: definizione, funzionamento, rischi e applicazioni in ambito sanitario e farmaceutico

Capitolo 1: Introduzione all'Intelligenza Artificiale (IA)



Figura 1: Rappresentazione artistica dell'Intelligenza Artificiale – un cervello digitale integrato in un circuito elettronico.

L'**Intelligenza Artificiale (IA)** è un insieme di tecnologie informatiche che consentono alle macchine di esibire capacità tipiche dell'intelligenza umana: apprendere dall'esperienza, adattarsi a nuovi input e svolgere compiti che richiedono ragionamento, pianificazione o creatività ¹. In altre parole, l'IA permette a computer e algoritmi di **simulare processi cognitivi umani**, come l'apprendimento e il problem solving, su vasta scala. A differenza del software tradizionale (che segue istruzioni programmate manualmente), i sistemi di IA *imparano* dai dati e migliorano le proprie prestazioni con l'esperienza.

Il termine "*intelligenza artificiale*" fu coniato nel 1956, ma la disciplina ha radici precedenti e ha conosciuto fasi alterne di entusiasmo e difficoltà. Dagli **anni '50** in poi, i ricercatori hanno inizialmente tentato di creare programmi che imitassero la logica umana (sistemi esperti, algoritmi basati su regole); successivamente, con la crescita esponenziale della potenza di calcolo e la disponibilità di grandi quantità di dati digitali, l'accento si è spostato sulle tecniche di **apprendimento automatico** (o *machine learning*) ². Grazie a questi progressi, oggi l'IA è pervasiva in molti settori e non è più confinata alla fantascienza: dai software che giocano a scacchi e riconoscono il parlato, alle auto a guida autonoma e agli assistenti virtuali, l'IA offre benefici concreti in numerosi campi ³ ⁴.

È importante distinguere due concetti fondamentali: l'**IA debole** e l'**IA forte**. L'*intelligenza artificiale debole* (detta anche **IA ristretta**) indica sistemi progettati per svolgere compiti specifici e circoscritti – è la forma di IA attualmente disponibile e include ad esempio algoritmi che classificano immagini mediche o agenti conversazionali come ChatGPT ⁵. Al contrario, l'*intelligenza artificiale forte* mira a raggiungere un'intelligenza generale simile a quella umana, capace di adattarsi a qualsiasi problema in modo autonomo e dotata persino di autocoscienza; questa **IA generale (AGI)** al momento rimane un obiettivo teorico non ancora realizzato ⁵. Tutti i sistemi di IA odierni rientrano dunque nella categoria "debole": risultano molto efficaci in compiti definiti (spesso superando l'uomo in velocità o accuratezza), ma **non possiedono una comprensione cosciente o un'intelligenza universale** equivalente alla nostra.

Un'altra distinzione storica all'interno dell'IA è quella tra un approccio "**simbolico**" e uno "**connessionista**". L'IA simbolica (tipica delle ricerche tra gli anni '50 e '80) si basava su regole logiche e rappresentazioni esplicite della conoscenza: i programmatori definivano manualmente un insieme di regole (if-then) e fatti, e il sistema deduceva nuove informazioni attraverso algoritmi deterministici. L'IA connessionista, invece, si ispira alla struttura del cervello biologico e utilizza **reti neurali artificiali**: sistemi composti da molti elementi semplici interconnessi (neuroni artificiali) che *apprendono* a svolgere un compito **aggiustando i propri pesi interni in base ai dati di addestramento**. Questo secondo approccio si è affermato a partire dagli anni '90 e soprattutto negli ultimi due decenni, dando luogo all'era del **deep learning** (apprendimento profondo) ³. Le reti neurali profonde, con molti strati di neuroni artificiali, sono oggi la tecnologia chiave dietro i maggiori avanzamenti dell'IA, in particolare nel **riconoscimento di immagini**, nell'**elaborazione del linguaggio naturale** e in molti altri campi.

In sintesi, l'Intelligenza Artificiale rappresenta la capacità delle macchine di svolgere compiti "intelligenti" tradizionalmente riservati alle persone. Nei capitoli successivi vedremo *come* funzionano tali sistemi, quali opportunità offrono e quali rischi pongono, concentrandoci poi sull'impiego dell'IA nel settore sanitario e in particolare nel contesto della farmacia. È fondamentale infatti per un futuro professionista sanitario – come il farmacista – comprendere le basi di questa tecnologia per poterla utilizzare in modo efficace e responsabile.

Capitolo 2: Come funziona l'Intelligenza Artificiale

Per comprendere il funzionamento dell'IA, occorre introdurre il concetto di **apprendimento automatico** (*machine learning*). Invece di istruire un computer con tutte le regole esplicite per eseguire un compito, nell'apprendimento automatico si forniscono **dati di esempio** e si lascia che l'algoritmo *estragga da solo le regole* o i modelli utili. Un famoso detto nel campo recita: "*Non programmare mai quello che puoi imparare dai dati*". Gli algoritmi di machine learning migliorano le proprie prestazioni "facendo esperienza", un po' come farebbe un essere umano che impara da tentativi ed errori. Questo approccio è fondamentale perché: (1) è impossibile per i programmatori prevedere ogni situazione o eccezione che un sistema incontrerà nel mondo reale; (2) molti problemi – come riconoscere un volto in fotografia o comprendere il linguaggio naturale – sono troppo complessi per essere descritti interamente a mano tramite regole statiche; (3) sistemi che apprendono automaticamente possono adattarsi ai cambiamenti nel tempo e a contesti diversi senza dover essere riprogrammati da zero ⁶.

Il **machine learning** comprende varie tecniche. Tre categorie principali sono:

- **Apprendimento supervisionato**: l'algoritmo viene addestrato con *esempi etichettati*, ossia dati di input associati alle risposte corrette. Ad esempio, per addestrare un modello a riconoscere ricette mediche scannerizzate, gli si forniscono migliaia di immagini di ricette indicando per ciascuna quali farmaci vi sono prescritti. L'algoritmo impara a mappare un input (immagine) a un

output (testo dei farmaci) in base agli esempi. Dopo l'addestramento, sarà in grado di leggere ricette mai viste prima con buona accuratezza. Gran parte delle applicazioni pratiche (classificazione di immagini, diagnosi assistita, previsioni di vendita, ecc.) usano apprendimento supervisionato.

- **Apprendimento non supervisionato:** l'algoritmo riceve *solo dati di input*, senza etichette o risposte giuste, e deve trovare autonomamente strutture o pattern nascosti. È utilizzato, ad esempio, per raggruppare pazienti con caratteristiche simili (clustering) o per ridurre la dimensionalità dei dati. Nella pratica sanitaria, un algoritmo non supervisionato potrebbe scoprire che esistono differenti sottogruppi di pazienti diabetici analizzando parametri clinici, senza che tali sottogruppi fossero noti a priori.
- **Apprendimento per rinforzo:** l'algoritmo (detto *agente*) interagisce con un ambiente e apprende tramite un meccanismo di ricompense e penalità. Ogni azione compiuta produce un *reward* (positivo o negativo) e l'agente mira a massimizzare la ricompensa cumulativa. Questo approccio è impiegato per addestrare, ad esempio, robot autonomi o sistemi di raccomandazione. Un esempio classico è l'addestramento di algoritmi a giocare a videogiochi o a Go: il programma prova mosse e strategie differenti e riceve punteggi in base a vittoria/sconfitta, imparando progressivamente quali azioni portano al successo.

Una volta addestrato un modello di IA (ossia "imparati" i parametri ottimali dai dati forniti), esso può essere impiegato per fare **predizioni** o **decisioni** su nuovi dati. Ad esempio, un modello addestrato sulle diagnosi di immagini radiografiche potrà analizzare una nuova radiografia polmonare e indicare la probabilità di presenza di una lesione nodulare. È importante notare che il modello non *ragiona* come un essere umano né possiede conoscenza intrinseca: esso applica semplicemente i pattern statistici appresi dai dati di training. Se questi dati erano rappresentativi e di buona qualità, le predizioni saranno accurate; altrimenti possono verificarsi errori o risultati fuorvianti.

Uno dei pilastri dell'IA moderna è il già citato **deep learning**, basato su **reti neurali artificiali multistrato**. Questi sistemi, ispirati vagamente alla struttura del cervello, sono composti da molti livelli di neuroni artificiali interconnessi. Ogni *neurone* esegue un'operazione matematica sui segnali in ingresso (ad esempio una somma pesata seguita da un'applicazione di una funzione non lineare) e trasmette l'output ai neuroni del livello successivo. Durante la fase di addestramento, la rete neurale aggiusta i *pesi* delle connessioni interne in modo da minimizzare la differenza tra le predizioni e i risultati attesi. Tecniche come la *backpropagation* (propagazione del gradiente a ritroso) permettono di calcolare come modificare ogni peso dopo aver valutato l'errore commesso su un esempio di training. Strato dopo strato, la rete neurale impara a estrarre *caratteristiche* sempre più astratte e utili dai dati: i primi strati possono identificare pattern elementari (es. bordi e forme in un'immagine), strati intermedi combinano questi pattern in caratteristiche più complesse (es. parti di oggetti), e gli ultimi strati riconoscono infine gli oggetti completi (es. un farmaco, un organo, una lettera) e producono la decisione finale.

Un campo di applicazione emblematico del deep learning è l'**elaborazione del linguaggio naturale (NLP)**. I modelli linguistici di grandi dimensioni (*Large Language Models*, LLM) – come quello alla base di ChatGPT – si basano su architetture di rete neurale dette **Transformer**, che introducono il meccanismo dell'*attenzione* per gestire efficacemente contesti di testo molto ampi ⁷. Questi modelli vengono addestrati su enormi collezioni di testi (miliardi di parole) e imparano a prevedere la parola seguente in una frase, sviluppando così una sorprendente capacità di generare e comprendere testo. Il risultato è che un LLM ben addestrato può rispondere a domande, tradurre, riassumere documenti e dialogare in linguaggio naturale in modo estremamente fluido.

È importante chiarire che, nonostante le apparenze sofisticate, i modelli di IA **non “capiscono” davvero** nel senso umano del termine. Il loro *apprendimento* è fondamentalmente l'ottimizzazione di parametri numerici per riprodurre correlazioni statistiche presenti nei dati. Ad esempio, un modello linguistico come ChatGPT genera testo plausibile perché ha appreso le regolarità e le associazioni statistiche del linguaggio da enormi dataset: quando risponde a una domanda, non sta *ragionando* come una persona, ma producendo l'esito di un processo statistico che tiene conto di quali frasi e concetti compaiono tipicamente insieme nei testi che ha letto. Questa “limitazione” non diminuisce il valore pratico di tali sistemi, ma è cruciale esserne consapevoli per comprenderne i limiti (vedremo più avanti il fenomeno delle *allucinazioni* delle IA generative).

Riassumendo, il funzionamento dell'IA moderna poggia sull'apprendimento automatico e sulle reti neurali profonde: le macchine *imparano* dai dati, individuando autonomamente pattern e regole che poi sfruttano per prendere decisioni o effettuare previsioni su nuovi input. La qualità e la quantità dei dati di addestramento, assieme alla struttura dell'algoritmo, determinano la performance finale. Nei capitoli successivi analizzeremo alcune conseguenze di questo approccio (in termini di rischi e comportamenti inaspettati) e vedremo come specifici modelli – in particolare quelli linguistici come ChatGPT – applicano queste tecniche per fornire applicazioni potenti nel quotidiano, anche in campo sanitario.

Capitolo 3: Rischi e sfide dell'Intelligenza Artificiale

L'Intelligenza Artificiale offre opportunità straordinarie, ma pone anche **rischi, sfide ed implicazioni etiche** che non possono essere ignorate. In quanto futura professionista della salute, è fondamentale per un farmacista conoscere non solo i benefici dell'IA, ma anche i suoi potenziali pericoli, in modo da utilizzarla in modo sicuro e responsabile. Di seguito analizziamo i principali rischi connessi all'uso dell'IA.

1. Errori e “allucinazioni” delle IA generative: I sistemi di IA, per quanto accurati, non sono infallibili. Possono commettere errori, talvolta in modo *imprevedibile*. Un caso particolare, emerso con forza nei modelli linguistici generativi come ChatGPT, è quello delle **allucinazioni**: risposte in cui l'IA fornisce con sicurezza informazioni totalmente false o inventate, presentandole però come fossero fatti reali ⁸ ⁹. Ad esempio, ChatGPT può generare riferimenti bibliografici inesistenti, descrivere risultati di studi clinici mai condotti o sbagliare il dosaggio di un farmaco, pur esprimendosi in maniera credibile e sicura. Queste “allucinazioni” derivano dal modo statistico con cui l'IA genera testo (massimizzando la probabilità di sequenze di parole plausibili) senza alcuna verifica esterna dei fatti. **Affidarsi ciecamente alle risposte di un'IA può dunque indurre in errore l'utente.** Nel contesto sanitario, questo rischio è particolarmente critico: informazioni cliniche allucinate potrebbero portare a scelte terapeutiche sbagliate. OpenAI e altri sviluppatori stanno lavorando per ridurre tali fenomeni nei modelli di nuova generazione – ad esempio GPT-5 è stato progettato con l'obiettivo di diminuire drasticamente le allucinazioni ¹⁰ – ma allo stato attuale il problema non è eliminato completamente. Pertanto, le risposte delle IA vanno sempre *verificate* e prese con cautela, specialmente in ambiti dove la correttezza fattuale è cruciale (come la salute).

2. Bias e discriminazione: Gli algoritmi di IA apprendono dai dati di addestramento forniti. Se questi dati contengono **bias** (pregiudizi o squilibri statistici), l'IA li può assimilare e persino amplificarli. Il *bias* nell'IA si manifesta come una distorsione sistematica nei risultati algoritmici, influenzata da pregiudizi umani o da limitazioni del dataset ¹¹. Ad esempio, un sistema di screening diagnostico addestrato su dati provenienti principalmente da pazienti caucasici potrebbe risultare meno accurato nel valutare pazienti di altre etnie, semplicemente perché ha “visto” pochi esempi di quei casi durante l'addestramento. Nella pratica clinica questo si tradurrebbe in disparità di trattamento o errori diagnostici per determinate popolazioni (un evidente problema etico e di sanità pubblica). È noto il caso di algoritmi di supporto alle decisioni mediche che *sottostimavano* la gravità di pazienti appartenenti a

minoranze etniche, perpetuando così disuguaglianze nell'accesso alle cure ¹². I bias possono riguardare genere, etnia, età, condizione socio-economica, ecc., e possono insinuarsi in qualunque sistema di IA. **Mitigare i bias** è una sfida chiave: richiede dati di addestramento rappresentativi e diversificati, tecniche apposite di debiasing e, soprattutto, un costante monitoraggio umano. Gli enti regolatori e la comunità scientifica sottolineano la necessità di garantire che l'IA *non perpetui discriminazioni*, ma anzi aiuti a ridurle ¹³. Dal punto di vista normativo, l'AI Act dell'UE e linee guida come quelle della FIP (Federazione Internazionale Farmacisti) insistono sullo sviluppo di **IA trasparenti e non discriminatorie**, con obbligo di spiegabilità e supervisione umana proprio per evitare decisioni algoritmiche inique ¹⁴ ¹⁵.

3. Mancanza di trasparenza (“scatola nera”): Molti modelli di IA, in particolare quelli basati su reti neurali profonde, sono spesso **opachi** nel loro funzionamento interno. Anche i progettisti possono faticare a spiegare esattamente *perché* un modello ha preso una certa decisione (ad esempio, perché un algoritmo ha rifiutato una transazione farmaceutica sospettandola fraudolenta, o perché ha suggerito una certa terapia). Questa natura di “scatola nera” mina la fiducia e può essere problematica dal punto di vista regolatorio: in sanità, clinici e pazienti hanno il diritto di conoscere le ragioni dietro a una raccomandazione diagnostica o terapeutica. Si stanno sviluppando metodi di **Explainable AI (XAI)** per rendere i modelli più interpretabili – ad esempio evidenziando quali caratteristiche hanno pesato di più nella decisione (come le zone di un'immagine medica che hanno portato a individuare un tumore) – ma la trasparenza totale è difficile da ottenere nei sistemi più complessi. Dal punto di vista etico e legale, tuttavia, *accountability* e *trasparenza* sono principi inderogabili: il Regolamento UE richiederà che i sistemi di IA ad alto rischio forniscano spiegazioni comprensibili delle proprie decisioni ¹³ ¹⁶. In ambito farmaceutico, ciò significa ad esempio che se un software di supporto alla prescrizione segnala un'interazione farmaco-farmaco, dovrà idealmente motivare l'avvertimento con riferimenti alle proprietà farmacologiche o a linee guida cliniche, invece di apparire come un avviso arbitrario.

4. Problemi di sicurezza e dati personali: L'IA in sanità fa largo uso di **dati sensibili** (dati sanitari dei pazienti, informazioni cliniche, etc.). Questo solleva rilevanti questioni di **privacy e sicurezza**. Innanzitutto, c'è il rischio di *fughe di dati* o accessi non autorizzati: sistemi di IA collegati a cartelle cliniche elettroniche o banche dati potrebbero essere bersaglio di attacchi informatici, esponendo informazioni delicate. Inoltre, se tecnologie AI (come app di telemedicina o chatbot sanitari) raccolgono dati dei pazienti, occorre assicurare il rispetto della normativa privacy (GDPR in UE) e ottenere consensi informati appropriati. Un utilizzo non autorizzato o non conforme dell'IA sui dati sanitari può portare a gravi violazioni della riservatezza ¹². Un altro problema è che i modelli di IA addestrati su grandi moli di dati potrebbero *memorizzare* involontariamente informazioni personali e poi rivelarle in output (ad esempio, un modello generativo che restituisse brani di cartelle cliniche presenti nei dati di training). Si tratta di scenari che vanno prevenuti con tecniche di anonimizzazione dei dati usati per l'addestramento e con controlli sulle risposte generate. Il Garante Privacy italiano, consapevole di questi rischi, ha emanato un decalogo per l'uso dell'IA in sanità evidenziando i principi di **privacy by design** e **by default**, l'obbligo di una base giuridica solida per ogni trattamento di dati sanitari tramite IA, e l'effettuazione di una **Valutazione d'Impatto (DPIA)** prima di implementare sistemi di IA su larga scala ¹⁷ ¹⁶. Inoltre, raccomanda che l'IA non prenda mai decisioni sanitarie *completamente* automatizzate senza intervento umano, per rispettare il diritto dell'individuo a non essere sottoposto a decisioni solo algoritmiche in ambito medico ¹⁸. In sintesi, l'uso dell'IA in ambito sanitario richiede **estrema attenzione alla protezione dei dati**: servono crittografia, controlli di accesso rigorosi, audit trail delle operazioni compiute dall'IA e conformità alle norme privacy e deontologiche.

5. Responsabilità e aspetti legali: Se un sistema di IA commette un errore con conseguenze dannose (per esempio, un software di supporto prescrittivo che suggerisce un dosaggio errato causando un evento avverso), **chi ne risponde legalmente?** Il produttore del software? Il professionista sanitario che si è fidato dell'output? La catena delle responsabilità in caso di IA è ancora terreno di dibattito. La

posizione prevalente – ribadita sia dal PGEU (Pharmaceutical Group of the EU) sia dalla FIP – è che *il professionista deve mantenere supervisione e responsabilità finali*: l'IA deve essere un **supporto e non un sostituto** del giudizio umano ¹⁹ ²⁰. Di conseguenza, sul piano legale oggi il farmacista (o il medico) che utilizza un sistema di IA rimane responsabile delle decisioni cliniche, come se l'IA fosse uno strumento. Tuttavia, man mano che l'IA diventa più autonoma, potrebbero sorgere situazioni ambigue. L'AI Act europeo prevede obblighi stringenti per i fornitori di sistemi di IA ad alto rischio, anche per assicurare tracciabilità e registrazione di come viene presa una decisione (questo faciliterebbe l'attribuzione di eventuali responsabilità). Inoltre, occorre considerare il **rischio di affidamento eccessivo**: gli operatori umani potrebbero tendere a seguire passivamente le indicazioni dell'IA ("*automation bias*"), riducendo la propria vigilanza. In ambito sanitario questo è pericoloso; per questo, formazione e linee guida dovranno enfatizzare che l'ultimo controllo spetta sempre all'umano e che l'IA può sbagliare.

6. Dipendenza tecnologica e implicazioni socio-professionali: L'introduzione massiccia dell'IA può cambiare i ruoli lavorativi e creare *dipendenza* dalla tecnologia. Se i professionisti delegano troppi compiti all'IA, c'è il rischio di un **appiattimento delle competenze**: ad esempio, futuri medici o farmacisti potrebbero perdere abilità di ragionamento clinico fine se abituati a far decidere sempre all' algoritmo. Inoltre, in termini di sistema sanitario, l'IA potrebbe accentuare discrepanze: strutture con risorse per acquisire le migliori IA vs strutture sprovviste, paesi con accesso alla tecnologia vs paesi senza – generando nuove forme di disuguaglianza. Secondo la FIP, è essenziale prevenire il cosiddetto "*digital divide*" sanitario: la trasformazione digitale non deve lasciare indietro i contesti con meno risorse ²¹ ¹⁴. Da qui derivano appelli a sviluppare strumenti di IA **accessibili e a basso costo**, e a predisporre formazione continua per il personale sanitario affinché tutti possano usarli efficacemente ²¹. A livello occupazionale, l'IA potrebbe automatizzare compiti amministrativi e di routine (es. gestione del magazzino, refertazione standardizzata), liberando tempo ai professionisti per attività a più alto valore aggiunto; ma c'è anche la preoccupazione che alcune mansioni vengano del tutto sostituite. I farmacisti, ad esempio, dovranno evolvere in ruoli più consulenziali e clinici man mano che sistemi automatici gestiranno magazzini o daranno informazioni di base. Questa evoluzione è vista in ottica positiva se ben governata – l'IA **potenzierà** il farmacista, sgravandolo di compiti ripetitivi e permettendogli di concentrarsi maggiormente sul paziente ²² ²³ – ma richiede una *riqualificazione* e aggiornamento costante delle competenze.

7. Sfide etiche generali: Oltre ai punti specifici sopra citati, esistono questioni etiche ampie. Ad esempio, l'IA solleva domande sul rapporto **uomo-macchina**: fino a che punto è accettabile delegare decisioni di vita o di morte (come in triage di emergenza o allocazione di organi) a un algoritmo? È eticamente corretto usare IA per analizzare informazioni genetiche e predire predisposizioni a malattie, con il rischio di discriminazioni assicurative o occupazionali? Come garantire il **consenso informato** dei pazienti quando l'IA è coinvolta nelle cure? Il PGEU raccomanda esplicitamente di *informare i cittadini* quando servizi farmaceutici utilizzano IA, per garantire trasparenza e mantenere la fiducia ²⁴. Inoltre, la **relazione umana** rimane centrale nelle professioni sanitarie: l'IA non deve far perdere il contatto personale e l'empatia nel rapporto farmacista-paziente. In definitiva, l'etica impone che l'IA sia *al servizio dell'uomo*, e non viceversa. Come affermato dal dott. Davide Zenoni della SIFO, l'IA è un potente strumento che può rivoluzionare la cura del paziente migliorandone gli esiti, ma richiede un approccio critico per affrontare sfide etiche, di sicurezza ed equità, garantendo **trasparenza, controllo umano e protezione del paziente** ²⁵ ¹².

In sintesi, i rischi dell'Intelligenza Artificiale vanno dalla possibilità di errori imprevedibili (allucinazioni, falsi positivi/negativi) ai bias discriminatori, dalla perdita di privacy alla complessità nel definirne la responsabilità legale. Nonostante ciò, *con consapevolezza e regolamentazione adeguata*, tali rischi possono essere mitigati. Organizzazioni professionali (come FIP e PGEU) e normative emergenti (come l'AI Act) stanno delineando **paletti chiari**: l'IA deve *supportare* e non rimpiazzare il giudizio professionale

¹⁹ ²⁰ ; servono norme chiare e supervisione delle autorità ²⁶ ²⁷ ; occorre tutelare i dati dei pazienti e garantire sistemi affidabili e trasparenti ²⁴ . Nei capitoli successivi, vedremo come questi principi si applicano in concreto al caso di **ChatGPT** (un modello linguistico generativo molto avanzato) e come l'IA viene – o potrà essere – sfruttata **in ambito sanitario e farmaceutico** per migliorare i processi e i servizi.

Capitolo 4: ChatGPT e i modelli linguistici generativi – utilizzi, “allucinazioni” e modalità avanzate

Uno degli sviluppi più impressionanti dell'IA negli ultimi anni è rappresentato dai **modelli linguistici di grandi dimensioni** (*Large Language Models*, LLM) e dai chatbot avanzati come **ChatGPT**. ChatGPT in particolare ha catalizzato l'attenzione del pubblico e dei professionisti, mostrando le potenzialità (ma anche i limiti) dell'IA generativa nel dialogo naturale. In questo capitolo analizzeremo cos'è ChatGPT, come funziona a grandi linee, quali sono i suoi pregi e difetti (ad esempio il fenomeno delle *allucinazioni* già accennato) e quali *modalità di utilizzo* avanzate offre, con particolare attenzione alla cosiddetta “**modalità agente**” e alla “**modalità wizard**”, menzionate nel quesito.

Cos'è ChatGPT: ChatGPT (acronimo di *Chat Generative Pre-trained Transformer*) è un **chatbot basato su IA generativa** sviluppato da OpenAI ²⁸ . Si tratta di un software progettato per sostenere conversazioni in linguaggio naturale con gli utenti, fornendo risposte e informazioni su una vasta gamma di argomenti. Alla base di ChatGPT ci sono modelli linguistici della famiglia GPT (Generative Pre-trained Transformer). La prima versione rilasciata pubblicamente (fine 2022) era basata su **GPT-3.5**, seguita poi da una versione potenziata con **GPT-4** nel 2023, fino alle più recenti evoluzioni (indicate come GPT-4.5, GPT-4o e GPT-5 nel 2024-25) ²⁹ ³⁰ . Questi modelli sono addestrati su enormi collezioni testuali (libri, articoli, siti web) e grazie alla loro architettura Transformer riescono a *predire* la parola successiva in una frase con notevole accuratezza, generando quindi testo coerente e contestualmente appropriato. ChatGPT è stato lanciato come prototipo gratuito nel novembre 2022 e ha rapidamente raggiunto oltre 100 milioni di utenti grazie alla capacità di produrre risposte articolate e pertinenti in molti campi del sapere ³⁰ . È in grado di tradurre lingue, riassumere documenti, spiegare concetti, scrivere email o codici di programmazione, e molto altro, semplicemente conversando con l'utente.

Una caratteristica chiave di ChatGPT è il continuo miglioramento e ampliamento delle sue funzionalità: inizialmente limitato al testo, col modello GPT-4 è diventato **multimodale** (capace di elaborare anche immagini come input) ³¹ , e successivamente OpenAI ha integrato nel servizio **strumenti aggiuntivi**: la possibilità di navigare il web in tempo reale, l'uso di **plugin esterni** (per compiti specifici come prenotare un volo, eseguire calcoli avanzati, ecc.) e – come approfondiremo tra poco – la **capacità agentica** di compiere azioni complesse autonomamente. Ad esempio, ChatGPT può ora navigare su internet, eseguire codice e persino elaborare fogli di calcolo o presentazioni in risposta a richieste dell'utente ³² ³³ . Tutto ciò lo trasforma da semplice “assistente di conversazione” a un vero **assistente digitale multifunzione**. Non a caso, gli aggiornamenti GPT-4.5 e GPT-5 del 2024-2025 hanno introdotto un ecosistema chiamato “Atlas” con agenti autonomi e funzioni di navigazione integrata ³⁴ . Questo rende ChatGPT un caso di studio ideale per discutere possibilità e rischi dell'IA: dalla **grande utilità** nello sbrigare compiti informativi alla problematica delle **allucinazioni** e della necessità di controlli.

Le allucinazioni di ChatGPT: Come già accennato nel capitolo precedente, ChatGPT – pur essendo estremamente avanzato – soffre del fenomeno delle *allucinazioni*, comune a tutti gli LLM. Può cioè generare contenuti **factually incorrect** senza segnalarlo. Ad esempio, se interrogato su un argomento scientifico, può citare studi inesistenti ma con un'apparente precisione (autore, titolo e rivista inventati). Se gli si chiede una sentenza di un tribunale, potrebbe confezionarne una verosimile ma falsa. Questo

accade perché il criterio di generazione è la probabilità linguistica, non la verifica fattuale. ChatGPT non ha accesso diretto a una base di conoscenza strutturata o a Internet (a meno che non si attivi la modalità con browsing); le sue risposte derivano dalle correlazioni statistiche apprese. Dunque, **non distingue il vero dal falso per conto proprio**. OpenAI ha cercato di mitigare ciò inserendo nella fase di addestramento istruzioni e penalizzazioni per le risposte evidentemente sbagliate, e infatti su molte domande comuni ChatGPT fornisce risposte corrette. Ma su domande molto specifiche, su richieste ambigue o fuori dagli argomenti più battuti, il modello può “arrangiarsi” pur di dare una risposta. Da qui discende la raccomandazione: *il contenuto prodotto da ChatGPT va sempre controllato e validato da un umano*, specie se si tratta di informazioni critiche (come in ambito sanitario o legale). Da notare che la versione GPT-5 annunciata nel 2025 ha tra i suoi miglioramenti dichiarati proprio un **“drastico calo delle allucinazioni”** e la capacità di modulare il tono delle risposte ³⁵. Ciò indica che i modelli futuri potrebbero essere più affidabili, ma nel frattempo l’utente deve mantenere un atteggiamento critico.

Un segnale spia di possibili allucinazioni è il **tono eccessivamente sicuro** con cui l’IA talvolta afferma cose dubbie ³⁶. Ad esempio, se ChatGPT fornisce un dato numerico o una citazione senza esitazione, ma su un argomento poco noto, occorre prudenza. Alcune strategie per limitare le allucinazioni includono: porre domande più specifiche (per ridurre l’ambiguità), chiedere conferma o fonti (“*puoi fornirmi la fonte di questa informazione?*”) – anche se va detto che ChatGPT a volte allucina anche le fonti! – oppure utilizzare la modalità con strumenti esterni (es. funzione di browsing) in cui l’IA può recuperare informazioni aggiornate da fonti reali e quindi giustificare le risposte con riferimenti. OpenAI ha inoltre introdotto soglie di *certezza* nei modelli più recenti, per cui l’IA dovrebbe dichiarare incertezza quando non “è sicura” (ad es. dicendo “*non ho abbastanza informazioni*”). Tuttavia, errori e inesattezze restano possibili e l’utente professionista (come un farmacista che eventualmente usasse ChatGPT per cercare informazioni) deve usarlo come *strumento di supporto* e mai come oracolo infallibile.

ChatGPT come strumento generativo multiuso: Nonostante i rischi di cui sopra, ChatGPT offre funzionalità impressionanti. È in grado di: spiegare concetti complessi in termini semplici (utile per educazione sanitaria al paziente), tradurre testi tecnici, riassumere linee guida cliniche, produrre bozze di documenti o email, comparare opzioni (se ben addestrato, potrebbe p.es. elencare pro e contro di diversi trattamenti). Inoltre, grazie alla capacità di contestualizzare, può *mantenere la storia* della conversazione: l’utente può dialogare iterativamente, raffinando le richieste. Questo è molto potente per brainstorming, per ottenere passo-passo una soluzione, o per farsi aiutare in compiti articolati.

A titolo di esempio pratico, immaginiamo un farmacista di comunità che deve preparare un volantino informativo sull’ipertensione per i propri pazienti: potrebbe chiedere a ChatGPT una bozza di testo divulgativo, poi magari fargli semplificare certi termini, quindi tradurre il testo in più lingue per i pazienti stranieri. In pochi minuti, grazie al modello linguistico, otterrebbe un risultato pronto da rifinire. Oppure, un farmacista ospedaliero che voglia aggiornarsi su una nuova linea guida potrebbe chiedere a ChatGPT di riassumerla in punti chiave, e poi eventualmente verificare consultando la fonte originale.

Modalità Agente di ChatGPT: Con l’aggiornamento rilasciato da OpenAI a metà 2025, ChatGPT ha introdotto la cosiddetta **“modalità agente”** (ChatGPT Agent). Si tratta di una funzionalità avanzata che consente a ChatGPT di **agire in modo proattivo per svolgere compiti complessi**, utilizzando un proprio “arsenale” di strumenti software integrati ³⁷ ³⁸. In pratica, mentre nella modalità standard ChatGPT produce solo risposte testuali, nella modalità agente esso può compiere azioni come: aprire pagine web e navigare internet, effettuare ricerche mirate, scrivere ed eseguire codice (in un ambiente protetto), leggere e modificare file, utilizzare API di servizi esterni (email, calendari, database, ecc.), tutto al fine di realizzare un obiettivo richiesto dall’utente. Ad esempio, un utente può chiedere: *“Controlla il mio calendario e inviami un riepilogo degli incontri con i clienti previsti dopo l’ultima notizia di settore disponibile”*. L’agente ChatGPT a quel punto potrebbe autonomamente navigare sul web per trovare le

ultime notizie del settore, accedere (con permesso) al calendario, filtrare gli incontri rilevanti e generare il riepilogo richiesto ³⁹. Oppure: *“Pianifica e acquista gli ingredienti per preparare una colazione giapponese per 4 persone”*: l'agente potrebbe cercare ricette, stilare la lista ingredienti, confrontare disponibilità su un supermercato online e simulare l'acquisto ³⁹. In sintesi, la **modalità agente trasforma ChatGPT in un assistente personale digitale in grado di orchestrare più passaggi e strumenti autonomamente**.

Tecnicamente, questo è stato reso possibile integrando in ChatGPT le funzionalità di due precedenti prototipi OpenAI (“Operator” per interagire col web e “Deep Research” per analisi approfondite) in un unico sistema agentico unificato ⁴⁰ ⁴¹. L'utente attiva la modalità agente dall'interfaccia (è riservata agli abbonati Plus, Pro e Team) selezionandola nel menu degli strumenti ⁴². Una volta attiva, l'utente può impartire un compito in linguaggio naturale e l'agente deciderà quali azioni intraprendere. Importante, **il controllo resta all'utente**: ChatGPT chiederà conferma prima di compiere azioni potenzialmente critiche (ad es. eseguire un acquisto online a nome dell'utente) e si può interrompere il processo in qualsiasi momento ⁴³ ⁴⁴. In pratica, l'agente ChatGPT lavora iterativamente: può *pensare* (ragionare su come procedere) e poi *agire* (usare un browser, usare un terminale, ecc.), alternando le due fasi fino al completamento del compito ³³ ⁴⁵. Il sistema tiene traccia del contesto in un *computer virtuale interno*, così anche usando più strumenti la memoria del task rimane coerente ⁴⁶.

Dal punto di vista dell'utente, ciò significa che ChatGPT non è più limitato a “ciò che sa” dal suo addestramento, ma può **collegarsi al mondo esterno e interagire**. In ambito sanitario, immaginiamo alcuni possibili utilizzi futuri: un farmacista potrebbe chiedere all'agente di estrarre automaticamente i dati di consumo di farmaci dal gestionale, incrociarli con linee guida ministeriali aggiornate online e preparare un report di aderenza prescrittiva; oppure un medico potrebbe fargli analizzare una cartella clinica (fornita in PDF) e fargli cercare in letteratura (online) possibili opzioni terapeutiche innovative per quel caso specifico, restituendo i riferimenti bibliografici. Sono operazioni complesse che un agente intelligente potrebbe realizzare, sempre sotto supervisione umana.

Naturalmente, la modalità agente comporta **nuovi rischi**: aumentando l'autonomia dell'IA aumentano le possibilità di errore in cascata o di azioni indesiderate. OpenAI consapevolmente ha imposto limiti (es. numero di azioni eseguibili mensilmente variabile col piano utente) e ha integrato il suo *stack di sicurezza più robusto* specialmente per impedire abusi in ambito biologico, cibernetico, ecc. ⁴⁷ ⁴⁸. L'agente chiede sempre conferma prima di eseguire operazioni sensibili e l'utente può vedere passo passo cosa sta facendo. Malgrado ciò, serve prudenza: un bug o una falla potrebbe portare l'agente a compiere operazioni non previste. Ad esempio, a livello aneddotico, alcuni utenti hanno testato l'agente chiedendo di ordinare cibo a domicilio ed effettivamente ChatGPT (collegato al servizio giusto) è arrivato a completare l'ordine – operazione utile, ma che implica transazioni finanziarie e potenziali spese. Fortunatamente in quel caso l'utente manteneva il controllo e ha confermato l'azione.

In definitiva, la **modalità agente di ChatGPT** rappresenta un ponte tra ricerca e azione: unifica la conversazione, la pianificazione e l'esecuzione autonoma di compiti ⁴⁹ ³⁸. Ciò amplia enormemente l'utilità nel mondo reale di un modello linguistico, spostandolo dal dominio puramente testuale a quello operativo. Per un professionista, significa poter delegare all'IA intere *procedure* (es. “trova questi dati, analizzali e fammi un report”) anziché singole domande. Tuttavia, come ribadito più volte, *delegare non significa deresponsabilizzarsi*: l'umano deve supervisionare l'esecuzione, validare il risultato finale e assicurarsi che l'agente non abbia frainteso le istruzioni. Al momento, la modalità agente è uno strumento nelle mani di utenti esperti e curiosi; con il tempo e l'affinamento delle protezioni, potrebbe divenire un compagno di lavoro quotidiano anche per i farmacisti (immaginiamo ad es. integrato nel gestionale della farmacia per automatizzare inventari e report, come vedremo nel capitolo successivo sulle applicazioni in farmacia).

Modalità "Wizard": Il termine *"modalità wizard"* in informatica generalmente indica una **procedura guidata** che assiste l'utente passo-passo nello svolgimento di un'operazione. Ad esempio, molti software presentano una "modalità wizard" per configurazioni iniziali o compiti complessi: l'utente risponde a una serie di domande in sequenza e il sistema lo guida fino al completamento. Nel contesto delle IA conversazionali come ChatGPT, *modalità Wizard* può essere intesa come un **modo interattivo e guidato di ottenere un risultato**, quasi che l'IA fungesse da "mago" che aiuta l'utente a costruire poco a poco ciò di cui ha bisogno.

In termini pratici, se ChatGPT fosse usato in modalità wizard, potrebbe ad esempio suddividere un compito complesso in sottopassaggi e porre domande all'utente per raccogliere tutte le informazioni necessarie, un po' come farebbe una procedura guidata. Immaginiamo di voler creare un piano terapeutico personalizzato: l'IA in modalità wizard potrebbe chiedere all'utente (medico o farmacista) di inserire una serie di dati (età del paziente, patologie croniche, farmaci attuali, ecc.), passo dopo passo, e man mano suggerire opzioni o raccomandazioni, correggendo il tiro in base alle risposte. Questo approccio è diverso dalla modalità agente: qui l'IA *non agisce da sola esternamente*, ma struttura un dialogo **a supporto cognitivo dell'utente**, spezzettando il problema in passi guidati.

Va detto che *"modalità Wizard"* non è una funzionalità ufficiale di ChatGPT denominata così da OpenAI, ma più un concetto. Alcune piattaforme di content creation con IA usano termini simili: ad esempio, esistono strumenti di scrittura che offrono un *wizard mode*, cioè un'interfaccia chat interattiva che fornisce suggerimenti in tempo reale, brainstorming guidato e perfezionamento di testi (questo termine appare in recensioni di tool di scrittura AI). In italiano potremmo parlare di *"modalità guidata"*. In sostanza, l'IA ti fa da "coach" o "tutor" ponendo le domande giuste e indicando le scelte, invece di lasciarti completamente libero in una chat aperta.

Ad esempio, un *wizard* per scrivere poesie con IA potrebbe interagire così: "Dimmi il tema della poesia" → (utente risponde) → "Ok, preferisci uno stile classico o moderno?" → (utente sceglie) → "Bene. E vuoi rima o verso libero?" → ... e così via, fino a generare la poesia finita. Questa è l'idea di base della modalità wizard: **AI come assistente che ti conduce attraverso una serie di step** per ottenere un output ottimale. La differenza rispetto all'uso normale di ChatGPT sta nel fatto che qui è l'IA a strutturare il processo, mentre normalmente è l'utente che deve sapere cosa chiedere passo dopo passo.

In ambito sanitario, possiamo immaginare in futuro dei *wizard AI* per procedure come la segnalazione di una reazione avversa: il sistema porrà domande strutturate (paziente, farmaco sospetto, descrizione reazione, esito, etc.) e compilerà man mano la scheda di farmacovigilanza pronta da inviare. Oppure un wizard per ricetta galenica: l'IA chiederebbe principio attivo, forma farmaceutica, concentrazione, ecc., e genererebbe la formulazione e il procedimento completo. Sono scenari ipotetici ma realistici, che combinano la potenza dell'IA con l'usabilità di un'interfaccia guidata.

Da un certo punto di vista, **ChatGPT stesso può essere usato come un wizard** se l'utente lo guida opportunamente: nulla vieta infatti di chiedere a ChatGPT di farmi da tutor in un compito. Esempio: "ChatGPT, aiutami a preparare una presentazione su questo argomento. Prima aiutami a definire un indice, poi per ogni sezione forniscimi qualche punto chiave." In tal caso, l'IA svolgerebbe già un ruolo "wizard", facendo domande chiarificatrici e offrendo via via il supporto richiesto.

Per completezza, citiamo che *Wizard* è anche il nome di alcune famiglie di modelli open-source (come WizardLM) specializzati nell'essere buoni *instructor*, ma nel contesto di questo capitolo assumiamo che per "modalità wizard" si intenda genericamente una modalità guidata di interazione.

In sintesi, ChatGPT rappresenta uno strumento estremamente versatile:

- *Nella sua forma base*, fornisce risposte in linguaggio naturale attingendo alla conoscenza appresa da tantissimi testi (con il limite di possibili allucinazioni).
- *Nella modalità agente*, funge da assistente autonomo multi-step, capace di compiere azioni e di orchestrare processi complessi su richiesta dell'utente, sotto supervisione.
- *Nella modalità wizard* (intesa come procedura guidata), può condurre l'utente attraverso step predefiniti per completare un compito nel modo migliore, riducendo il carico cognitivo dell'utente di dover sapere a priori tutte le mosse da fare.

Dal punto di vista del farmacista o dello studente di farmacia, capire queste modalità è utile per immaginare come sfruttare ChatGPT e simili nelle proprie attività: dalla semplice consultazione di informazioni, all'automazione di compiti burocratici, fino al ricevere un *coaching* intelligente in compiti di scrittura o analisi. Nei prossimi capitoli, scenderemo sul concreto dell'**ambito sanitario e farmaceutico**, esplorando come l'IA – e anche strumenti come ChatGPT – possono essere applicati nel lavoro quotidiano del farmacista: dalla gestione economica della farmacia alla riconciliazione farmacologica, dalla galenica all'assistenza nella dispensazione in conformità alle norme.

Capitolo 5: L'Intelligenza Artificiale in ambito sanitario generale

L'impiego dell'IA nel settore sanitario è già una realtà in rapida espansione, con numerose applicazioni che vanno dalla diagnostica alla ricerca farmaceutica, dalla pianificazione sanitaria alla medicina personalizzata. Prima di focalizzarci sul ruolo specifico del farmacista, è utile delineare un panorama generale di **come l'IA sta trasformando la sanità**. Questo ci aiuterà a comprendere il contesto in cui poi si inseriscono le applicazioni in farmacia.

IA per la diagnosi e l'analisi di immagini mediche: Uno dei campi dove l'IA ha mostrato risultati eccellenti è l'**analisi automatica di immagini diagnostiche** (radiografie, TAC, risonanze, immagini istopatologiche ecc.). Reti neurali profonde addestrate su centinaia di migliaia di immagini sono capaci di individuare pattern patologici (come noduli tumorali, fratture, lesioni retiniche, polipi endoscopici) con sensibilità e specificità paragonabili – a volte superiori – a quelle di medici esperti. Ad esempio, algoritmi di visione artificiale rilevano segni precoci di retinopatia diabetica su fotografie del fondo oculare, consentendo *diagnosi più precoci* e prevenzione della cecità. In oncologia, l'IA aiuta a identificare lesioni microscopiche su vetrini istologici o a caratterizzare noduli polmonari su TAC a basso dosaggio. L'IA può anche *monitorare variazioni minime nel tempo*: ad esempio confrontando esami successivi di uno stesso paziente e segnalando cambiamenti sospetti. Tutto ciò permette diagnosi tempestive e più accurate ⁵⁰. Un elemento da sottolineare è che questi sistemi sono tipicamente usati come **supporto al medico radiologo o anatomopatologo**, non in sostituzione: l'IA segnala e propone, ma poi l'occhio umano verifica e convalida, in linea con la filosofia "l'IA affianca, non sostituisce". Già oggi molti ospedali impiegano strumenti di AI per *pre-screening*: ad esempio software che analizzano radiografie toraciche per segnalare possibili infiltrati o noduli al radiologo, aiutandolo a non perdere anomalie soprattutto in contesti di grandi volumi di esami.

IA nella prognosi e nel monitoraggio: Un'altra area è l'uso di IA per **predire l'evoluzione di malattie** e stratificare il rischio dei pazienti. Combinando dati clinici, demografici, genetici e stili di vita, modelli di machine learning possono identificare pazienti ad alto rischio di sviluppare una certa complicanza o di essere ri-ospedalizzati dopo le dimissioni. Ad esempio, esistono algoritmi che, integrati nelle cartelle cliniche elettroniche, analizzano parametri vitali e risultati di laboratorio per *predire un peggioramento imminente* in terapia intensiva (early warning systems). Oppure modelli che valutano la probabilità di riammissione di un paziente cronico entro 30 giorni dalla dimissione, consentendo interventi di follow-up mirati su chi è più a rischio. In diabetologia, l'IA viene usata per la **prevenzione**: dispositivi di

monitoraggio continuo della glicemia dotati di algoritmi intelligenti possono prevedere un'ipoglicemia imminente e avvisare il paziente o modulare l'infusione di insulina nelle pompe (sistemi ad "ansa chiusa" artificiale). Nell'ambito delle malattie infettive, modelli predittivi analizzano dati epidemiologici per prevedere focolai o ondate epidemiche, aiutando le autorità a pianificare risorse (questo si è visto anche durante la pandemia di COVID-19 con vari modelli predittivi su contagi e ricoveri). Tutti questi esempi rientrano nella medicina preventiva e di popolazione potenziata dall'IA, con l'obiettivo di intervenire *prima* che il danno sia fatto.

Medicina personalizzata e terapie ottimizzate: L'IA consente di analizzare grandi moli di dati genomici e clinici per individuare *pattern* che collegano caratteristiche del paziente a risposte differenziate alle terapie. Questo promuove la cosiddetta **medicina personalizzata**. Ad esempio, algoritmi possono correlare il profilo genetico di un tumore con la probabilità che il paziente risponda a una data terapia a bersaglio molecolare, aiutando l'oncologo a scegliere il farmaco più promettente. Oppure, in ambito farmacologico, modelli di AI possono suggerire aggiustamenti di dosaggio personalizzati in base a parametri del paziente (peso, funzionalità renale, polimorfismi genetici del metabolismo), raggiungendo così un migliore equilibrio efficacia/sicurezza. Nel campo delle malattie rare, l'IA facilita il riconoscimento di combinazioni inusuali di sintomi e alterazioni genetiche per arrivare a diagnosi difficili (ci sono casi in cui algoritmi su foto del volto hanno aiutato a diagnosticare sindromi genetiche rare da caratteristiche somatiche). Un aspetto correlato è l'**aderenza terapeutica**: sistemi di AI nelle *digital health app* analizzano i pattern d'uso (quando il paziente prende o dimentica i farmaci, parametri fisiologici registrati, ecc.) e inviano reminder o segnalano ai curanti possibili problemi, contribuendo a terapie più efficaci. In generale, l'IA può suggerire *cure ottimizzate per il singolo paziente* in base a una mole di informazioni impossibile da processare manualmente, dalle linee guida cliniche fino ai dati real world su pazienti simili ⁵⁰.

Ricerca e sviluppo farmaceutico accelerato: L'Intelligenza Artificiale sta rivoluzionando anche la scoperta di nuovi farmaci. Attraverso tecniche di **AI e big data** è possibile analizzare database di milioni di composti chimici e simulare il loro legame con bersagli biologici (ad esempio proteine di un virus o recettori cellulari), identificando in tempi rapidi candidati promettenti da testare. Questo approccio di *drug discovery* computazionale ha già prodotto molecole ottimizzate da algoritmi generativi (si parla di "**generative chemistry**"). Inoltre, l'IA viene usata per riposizionare farmaci esistenti: analizzando montagne di dati clinici e preclinici, modelli possono suggerire che un farmaco approvato per X abbia effetti benefici anche in Y, ipotesi poi da confermare con studi. Un'altra area è la progettazione di formulazioni: algoritmi possono aiutare a scegliere eccipienti e processi ottimali per migliorare stabilità o biodisponibilità di un principio attivo (lo vedremo meglio nel contesto della galenica al cap. 6.3). Come emerso in un laboratorio SIFO (Società Italiana di Farmacia Ospedaliera), integrare l'IA con le metodiche di chimica fisica può *semplificare e ottimizzare* i processi che portano alla scoperta di nuovi farmaci ⁵¹ ⁵². Ad esempio, l'IA può velocizzare gli studi di **stabilità** di nuove formulazioni, prevedendo degradazione o interazioni ancor prima di condurre test di stabilità accelerata, e può eseguire *risk assessment* nei laboratori (anche di galenica sterile) fornendo dati predittivi per valutare i rischi e la qualità in anticipo ⁵³.

Supporto decisionale e amministrativo: L'IA è anche impiegata in vari modi per migliorare l'efficienza e l'organizzazione dei servizi sanitari. Ad esempio, sistemi di **triage** basati su chatbot (assistenti virtuali) possono fare una prima valutazione dei sintomi del paziente via telefono o web e indirizzarlo appropriatamente (in pronto soccorso, dal medico di base, o con consigli di automedicazione) – soluzioni sperimentate per alleggerire l'afflusso in PS per codici minori. Oppure algoritmi di *forecasting* aiutano a prevedere i carichi di pazienti nei reparti in base a stagionalità e trend (utile per gestire posti letto e scorte). Nel contesto farmaceutico, prima ancora di arrivare alla singola farmacia, pensiamo alla **distribuzione farmaceutica**: IA ottimizza le rotte logistiche per la consegna di medicinali alle farmacie o ospedali, minimizzando tempi e costi ⁵⁴. Durante la pandemia COVID-19, l'IA è stata utilizzata per

ottimizzare la catena di distribuzione e somministrazione dei vaccini, calcolando priorità, localizzazioni e tempi ottimali in base a scenari. Nella gestione amministrativa, *chatbot* e assistenti virtuali sono usati per rispondere alle domande frequenti dei pazienti (ad esempio in grandi ospedali per fornire informazioni su orari, prenotazioni, preparazioni a esami), liberando tempo agli operatori umani. In alcuni contesti sono stati sperimentati assistenti virtuali per supportare i medici nella compilazione di documentazione: ascoltano la visita medica (trascrizione vocale) e nel frattempo compilano automaticamente parti del referto o della lettera di dimissione, che il medico poi rivede e approva.

Telemedicina e Internet of Medical Things (IoMT): L'IA si integra anche con dispositivi indossabili e sensori medici. La combinazione di **IoMT e IA** consente il **monitoraggio personalizzato dei pazienti a domicilio** ⁵⁵. Ad esempio, un paziente cardiopatico può indossare un sensore che trasmette dati ECG in continuo; un algoritmo di IA analizza il segnale in tempo reale e invia un alert alla centrale medica se riconosce aritmie significative o segni premonitori di ischemia. Oppure, per pazienti anziani fragili a casa, telecamere intelligenti e sensori ambientali con IA possono rilevare cadute o comportamenti anomali (es. mancanza di movimento per troppo tempo) e far scattare un allarme. Nel diabete, oltre ai sensori di glicemia, dispositivi come smart-watch monitorano frequenza cardiaca, attività fisica e sonno: l'IA può elaborare questi dati per dare feedback al paziente (ad es. ricordare di fare attività se troppo sedentario, o segnalare stress eccessivo). Tali applicazioni migliorano la **presa in carico continua** del paziente e promuovono la prevenzione.

Limitazioni e considerazioni: Nonostante le tante applicazioni positive, è doveroso ribadire che l'IA in sanità *non è una bacchetta magica*. Molti sistemi devono ancora essere validati con ampi studi clinici per dimostrarne l'impatto su outcome reali (mortalità, complicanze evitate, costi ridotti, ecc.). Inoltre, come visto, esistono questioni di **etica e sicurezza**: la privacy dei pazienti deve essere garantita (tutti questi dispositivi e algoritmi generano immense quantità di dati personali, la cui protezione è essenziale). È stata sottolineata la necessità di un approccio critico ed equilibrato: come afferma Zenoni (SIFO), l'IA è un potente strumento che può rivoluzionare la cura migliorandone gli esiti, permettendo diagnosi più precoci e cure adattate, ma occorre affrontare con serietà le sfide etiche, di sicurezza ed equità, garantendo trasparenza e controllo umano ²⁵ ¹². Un rischio concreto è l'**overreliance**: medici o farmacisti potrebbero fidarsi ciecamente del responso di un algoritmo e trascurare segnali clinici che l'algoritmo non ha colto (da cui la raccomandazione che l'IA *affianchi, ma non rimpiazz*). Un altro problema è l'**interoperabilità**: molte IA sono soluzioni verticali e non sempre dialogano con i software clinici esistenti; integrarli nel flusso di lavoro senza creare frammentazione è una sfida (il PGEU sottolinea infatti l'importanza di garantire l'interoperabilità tra sistemi di IA e software sanitari esistenti, per una adozione fluida ⁵⁶). Anche la **formazione** del personale è cruciale: i sanitari dovranno acquisire nuove competenze digitali per usare l'IA in modo consapevole (università e programmi di aggiornamento sono già spinti a includere moduli di digital health e AI ⁵⁷ ⁵⁸).

Dopo questa panoramica generale sull'IA in sanità, possiamo ora passare al **ruolo specifico del farmacista** e vedere in dettaglio come l'Intelligenza Artificiale può essere applicata nelle attività proprie di questa professione: dalla gestione di una farmacia (aspetti economici e di magazzino) alle attività cliniche (riconciliazione delle terapie, preparazioni galeniche personalizzate), fino al supporto consulenziale nel rispetto delle normative sulla dispensazione dei medicinali.

Capitolo 6: L'Intelligenza Artificiale e la figura del farmacista

La professione del farmacista sta evolvendo sotto la spinta della trasformazione digitale. L'Intelligenza Artificiale, in particolare, offre strumenti per rendere più efficiente e sicuro il lavoro del farmacista, sia nell'ambito gestionale della farmacia, sia nella cura diretta al paziente e nelle attività tecnico-scientifiche (come la preparazione di galenici o la farmacovigilanza). In questo capitolo approfondiremo quattro

aree chiave in cui l'IA può affiancare il farmacista: **gestione economica e logistica della farmacia**, **ricognizione farmacologica/clinica delle terapie** (ossia la gestione ottimale delle terapie farmacologiche del paziente), **preparazione galenica** (formulazione di medicinali in laboratorio) e **supporto normativo nella dispensazione** (consulenza e verifica del rispetto delle norme di legge nella dispensazione dei farmaci). Per ciascuna area vedremo esempi e applicazioni concrete.

6.1 Impiego dell'IA nella gestione economica e logistica della farmacia

La gestione di una farmacia comprende aspetti come il controllo delle **scorte di magazzino**, l'ottimizzazione degli ordini ai fornitori, la definizione di prezzi e promozioni, l'analisi delle vendite e dei trend di mercato, e in generale il mantenimento di un equilibrio tra soddisfare la domanda dei clienti e garantire la sostenibilità economica. Tradizionalmente, il farmacista o il direttore di farmacia doveva basarsi su esperienza e analisi manuali (ad es. confrontare i dati di vendita mensili, monitorare le scadenze dei prodotti, ecc.) per prendere decisioni su cosa e quanto ordinare, quali prodotti mettere in offerta, come gestire il magazzino per evitare rotture di stock o surplus. Questi compiti diventano sempre più complessi in un mercato competitivo e ricco di referenze. **L'Intelligenza Artificiale può fornire un aiuto formidabile** in questo campo, elaborando grandi quantità di dati storici e in tempo reale per estrarre indicazioni strategiche e persino automatizzare alcune decisioni operative.

Un esempio concreto è dato da soluzioni come *CGM Predict*, sviluppata per farmacie: si tratta di un sistema di **riordino intelligente basato su IA predittiva** che analizza i dati di vendita, la stagionalità e i trend di mercato per prevedere la domanda futura di ciascun prodotto e ottimizzare i livelli di scorta ⁵⁹ ⁶⁰. In pratica, l'algoritmo calcola continuamente quali quantità di ogni farmaco o articolo tenere a magazzino e quando effettuare gli ordini, adattando scorte minime e massime in base all'andamento previsto. Questo evita sia carenze (mancanze di prodotti quando il cliente le richiede) sia eccessi (prodotti fermi a prendere polvere o peggio a scadere sugli scaffali). Secondo studi condotti su farmacie pilota, un sistema predittivo di questo tipo può portare fino al **30% di risparmio sul valore del magazzino** e una riduzione fino al 25% dei volumi a stock, pur migliorando la disponibilità dei prodotti richiesti ⁶¹. Ciò significa avere meno capitale immobilizzato in scorte inutili e meno sprechi, ma al contempo non farsi mai trovare sforniti degli articoli di cui c'è bisogno. In sostanza, l'IA raggiunge quell'equilibrio fine tra costo di acquisto, prezzo di vendita e volumi di merce – le tre leve del profitto in farmacia – che il farmacista manualmente fatica a ottenere in ogni momento ⁶² ⁶³.

Un altro esempio è la soluzione *GAIA* implementata in alcune farmacie italiane, citata come case study: anche qui si tratta di un sistema di intelligenza artificiale per il riordino che *prevede la domanda e automatizza il processo di ordine* verso i grossisti ⁶⁴. Questi strumenti possono integrarsi col software gestionale della farmacia e, previa supervisione del farmacista, inviare direttamente proposte d'ordine ottimali. È importante notare che tali sistemi non lavorano "al buio": sfruttano tutti i dati disponibili, come le offerte dei fornitori (sconti temporanei, condizioni d'acquisto), i trend stagionali (ad esempio incremento di vendite di antistaminici in primavera, di integratori vitaminici in autunno, ecc.), dati epidemiologici (epidemie influenzali che fanno impennare la domanda di antipiretici) e persino i dati locali (eventi, manifestazioni che potrebbero far affluire più gente in zona). Ad esempio, **analizzando i dati storici di vendita e le condizioni di acquisto**, l'IA può indicare esattamente le *giuste quantità di prodotti da ordinare* per il prossimo periodo, prevedendo i trend di mercato aggiornati ⁶⁵. Allo stesso modo può suggerire come *migliorare le strategie di marketing e l'assortimento merceologico*, individuando categorie di prodotti emergenti su cui puntare o prodotti poco performanti da ridurre ⁶⁵.

L'IA può anche fornire **analisi avanzate delle vendite**: ad esempio individuare correlazioni tra diversi prodotti (chi compra il prodotto A spesso compra anche B – utile per cross-selling e disposizione sugli scaffali), oppure segmentare la clientela in gruppi con preferenze diverse e suggerire campagne mirate. Alcuni software AI per retail suggeriscono anche **l'ottimizzazione del layout della farmacia**: studiando

i dati di vendita e il comportamento dei clienti, possono consigliare come posizionare i prodotti sugli scaffali per massimizzare l'attrattività e le vendite ⁶⁶ ⁶⁷. Ad esempio, sapere in anticipo quali prodotti saranno più richiesti consente di collocarli in punti facilmente accessibili, e viceversa proporre promozioni in aree che prima erano trascurate. Conoscere i *comportamenti d'acquisto in anticipo* aiuta anche a migliorare la **customer experience**: se grazie all'IA il farmacista sa quali sono le esigenze frequenti di certi clienti (ad esempio mamme con neonati in zona che possono aver bisogno di specifici prodotti per l'infanzia), può organizzare lo spazio e l'assortimento di conseguenza, risultando più efficace nel servizio ⁶⁶. L'IA può individuare i **prodotti più performanti** e suggerire di creare offerte specifiche per differenziarsi dai competitor, oppure evidenziare opportunità di crescita come categorie merceologiche da ampliare o, al contrario, linee da ridurre perché poco richieste ⁶⁸.

In sintesi, l'IA applicata alla gestione di una farmacia funge da **analista instancabile e lungimirante**: monitora costantemente vendite, scorte, trend esterni, e supporta il farmacista nel prendere decisioni basate sui dati e non solo sull'intuito. Questo consente di **recuperare margini di profitto** che spesso si perdono per inefficienze (ordini eccessivi o tardivi, prodotti invenduti che scadono, mancate vendite per esaurimento scorte) ⁶⁹ ⁷⁰. Inoltre, automazione e ottimizzazione liberano tempo al farmacista: meno ore spese a fare inventari manuali o calcoli su Excel, più tempo da dedicare alla consulenza al banco e alle attività professionali. Come rilevato da Farmatutela, l'IA in farmacia riduce il carico di funzioni operative e rende più facile mantenere l'adeguato livello di profitto in un contesto competitivo ⁶⁹ ⁶².

Un'ulteriore area di gestione dove l'IA interviene è la **relazione con il cliente** tramite strumenti di marketing personalizzato. Ad esempio, programmi di *fidelity card* integrati con IA (come alcune soluzioni CRM per farmacie) analizzano gli acquisti dei singoli clienti e possono inviare consigli o promozioni mirate (es. ricordare l'acquisto di un prodotto che il cliente compra periodicamente e sta per finire, o proporre prodotti complementari). Chatbot sul sito della farmacia o sui canali social possono rispondere 24/7 a domande di base dei clienti (farmacia aperta? avete un certo prodotto? ecc.) migliorando il servizio senza gravare sul personale.

L'**automazione del magazzino** infine, sebbene non sia IA in senso stretto, spesso si accompagna a sistemi di ottimizzazione intelligenti: i **robot magazzinieri** per farmacie (come Rowa, Gollmann, Pharmathek) sono bracci automatici che gestiscono lo stoccaggio e il prelievo dei farmaci in back-office. Integrando sensori e software, questi robot posizionano i farmaci sugli scaffali interni e li consegnano al banco su richiesta. Alcuni produttori stanno dotando questi robot di moduli IA (es. *Pharmathek Stratega*) che analizzano i dati reali di una specifica farmacia per *ottimizzare il posizionamento* dei farmaci sugli scaffali e i percorsi del robot, così da velocizzare ulteriormente l'erogazione ⁷¹. Ad esempio, i prodotti più frequentemente dispensati verranno collocati in posizioni strategiche di facile accesso per ridurre i tempi di prelievo. Inoltre, tali sistemi riducono errori umani (il robot difficilmente sbaglia medicinale o confezione, e azzera il rischio di consegnare una confezione scaduta perché tiene traccia delle date). L'IA in questo contesto può aiutare a *prevedere i picchi* orari di richiesta (es. ore di punta) e far sì che il robot predisponga in anticipo certi prodotti, minimizzando l'attesa.

Tutti questi esempi convergono in un concetto: la **farmacia "smart"** del futuro prossimo sarà quella in cui il farmacista digitale sfrutta l'IA per prendere decisioni informate e per automatizzare i processi, ottenendo così un duplice risultato – **efficienza operativa** (meno sprechi, meno errori, costi ottimizzati) e **qualità del servizio** (più disponibilità di prodotti, risposte rapide, consulenza personalizzata). Il PGEU (associazione dei farmacisti europei) nel suo rapporto riconosce proprio questo potenziale: l'IA può supportare i farmacisti di comunità migliorando efficienza, comunicazione con i pazienti e qualità dell'assistenza ²⁶ ⁷². Tuttavia raccomanda anche un uso *responsabile* e integrato, con norme chiare e supervisione (ricordiamo: l'IA non deve rimpiazzare il farmacista, ma potenziarne il ruolo) ²⁶ ⁷³. L'adozione di queste tecnologie richiederà investimenti e formazione del personale, ma i benefici prospettati – come analizzato – sono considerevoli.

6.2 IA per la ricognizione farmacologica clinica delle terapie (Medication Review e aderenza)

La **ricognizione farmacologica** (in inglese *medication reconciliation*) e la **gestione ottimizzata delle terapie** sono ambiti in cui il farmacista clinico gioca un ruolo cruciale, specialmente in ospedale ma anche sul territorio. Consistono essenzialmente nel *verificare e ottimizzare i trattamenti farmacologici* dei pazienti: assicurarsi che l'elenco dei farmaci assunti da un paziente sia corretto e completo, identificare ed eliminare duplicazioni o interazioni potenzialmente dannose, valutare l'appropriatezza di ogni terapia in base alle condizioni cliniche, monitorare l'aderenza e gli esiti. È un processo complesso, specie per pazienti politrattati (come molti anziani con multi-morbilità). L'Intelligenza Artificiale può affiancare il farmacista in questa missione, fornendo strumenti di analisi e prioritizzazione che rendono più efficiente individuare *cosa* controllare e *in quali pazienti* concentrare l'attenzione.

Un caso di studio interessante è riportato dalla SIFAC (Società Italiana di Farmacia Clinica): in un pronto soccorso è stato sperimentato un **cruscotto decisionale basato su IA** per *predire l'ammissione ospedaliera* dei pazienti, con l'obiettivo di ottimizzare l'impiego della ricognizione farmacologica ⁷⁴. In pratica, quando un paziente arriva in PS, non sempre è possibile fare subito una ricognizione accurata di tutti i farmaci che assume a casa, soprattutto se il PS è affollato e se non è certo che il paziente verrà ricoverato. Eseguire la medication reconciliation su *tutti* i pazienti in PS richiede risorse che spesso non ci sono, e molte riconciliazioni potrebbero rivelarsi "inutili" se poi il paziente non viene ammesso ma rimandato a casa. L'idea dello studio era: **usare l'IA per identificare quei pazienti che con più probabilità verranno ricoverati** e concentrare su di essi la ricognizione in PS, in modo da non perdere informazioni cruciali per la successiva degenza ⁷⁴. Ebbene, dopo l'introduzione del cruscotto IA, la percentuale di pazienti ammessi in cui la medication reconciliation è stata eseguita correttamente è aumentata, e parallelamente sono diminuite le ricognizioni potenzialmente non necessarie su pazienti che poi non venivano ricoverati ⁷⁵ ⁷⁶. In altre parole, lo strumento predittivo ha *migliorato la gestione delle priorità*: il farmacista clinico in PS sapeva su quali casi era prioritario intervenire, e così le risorse limitate sono state usate in maniera più mirata. Questo si traduce in maggiore sicurezza per i pazienti ammessi (che hanno la terapia riconciliata correttamente, evitando errori di omissione o duplicazione all'ingresso in reparto) e al contempo in risparmio di tempo su casi dove la ricognizione poteva essere omessa senza rischio (pazienti dimessi subito).

Oltre a decidere **quando** fare la ricognizione, l'IA può aiutare **durante** la ricognizione stessa e nella successiva **analisi clinica della terapia**. Ci sono software di *Clinical Decision Support* (CDS) evoluti, integrati nelle cartelle cliniche elettroniche, che sfruttano basi di conoscenza e algoritmi per controllare in automatico:

- **Interazioni farmaco-farmaco**: segnalando al farmacista o al medico se due farmaci prescritti hanno potenziali interazioni significative. Attenzione, questo esiste da tempo come funzionalità basata su database, ma gli approcci IA permettono di ridurre gli *alert irrilevanti* (il problema classico è l'over-alerting: i sistemi segnalano troppe interazioni minori e il clinico finisce per ignorarle). Un'IA addestrata su dati clinici reali potrebbe imparare a distinguere quali interazioni meritano davvero attenzione in un dato paziente e quali no. La FIP individua proprio "il supporto nella verifica delle interazioni" come uno degli ambiti più promettenti per l'IA in farmacia, sempre mantenendo la supervisione del farmacista ⁷⁷ ⁷⁸.
- **Doppioni terapeutici**: riconoscere se il paziente sta assumendo farmaci diversi ma con la stessa indicazione terapeutica o principio attivo simile (ad es. due FANS prescritti con nomi diversi, o un ACE-inibitore e un ARB per ipertensione insieme senza motivo). L'IA potrebbe evidenziare questi casi che il medico magari non ha colto, suggerendo al farmacista di proporre una semplificazione della terapia.

- **Dose appropriata e aggiustamenti:** sistemi IA possono controllare se le dosi dei farmaci rientrano nei range raccomandati per quello specifico paziente. Ad esempio, integrando dati di laboratorio (funzione renale, epatica) e caratteristiche come età/peso, l'IA può segnalare se la dose di un antibiotico nefrotossico appare eccessiva per un paziente anziano con insufficienza renale, suggerendo un aggiustamento. In ospedale molti protocolli sono complessi (dosi dipendenti da clearance, ecc.): un assistente IA potrebbe calcolarle e proporle automaticamente, riducendo errori di calcolo.
- **Mancata indicazione o terapia inappropriata:** incrociando diagnosi e terapie, l'IA può evidenziare farmaci che sembrano non avere indicazione (ad esempio un antiulcera prolungato senza che il paziente abbia fattori di rischio) oppure condizioni cliniche non coperte da terapia (es. un paziente con fibrillazione atriale senza anticoagulante, segnalando una possibile omissione in terapia se non ci sono controindicazioni note).

Tutto ciò rientra nella **medication review** approfondita, che tipicamente il farmacista clinico compie in reparti come geriatria o in transizioni di cura (ingresso/uscita dall'ospedale). L'IA può far emergere i casi su cui focalizzarsi. Ad esempio, un algoritmo potrebbe scorrere tutti i pazienti di un reparto e assegnare un *punteggio di complessità terapeutica*, tenendo conto di numero di farmaci, farmaci ad alto rischio presenti, interazioni potenziali, ecc., e stilare una classifica. Il farmacista partirebbe dai punteggi più alti per fare la review manuale. Questo garantirebbe di intervenire prima dove la probabilità di trovare problemi è maggiore. In pratica è un filtro intelligente.

Un altro ambito importante è quello dell'**aderenza terapeutica**: l'IA viene utilizzata per monitorare e migliorare l'aderenza del paziente alle terapie a lungo termine (pensiamo a ipertensione, diabete, ecc.). Per esempio, esistono app e sistemi che analizzano i dati di refill (riempimento ricette) o i dati da *smart pill dispensers* (distributori di pillole intelligenti) e capiscono se il paziente sta assumendo regolarmente i farmaci. Un progetto premiato in Italia è *Pharmabot*: un prototipo di dispenser di farmaci per anziani o disabili, dotato di intelligenza artificiale, che **ricorda all'utente la terapia e dispensa la corretta dose al momento giusto**, monitorando anche che la assuma ⁷⁹. Questo sistema non solo evita dimenticanze, ma può registrare dati sulle assunzioni effettive. Un algoritmo IA può così individuare pattern (es: il paziente tende a saltare la dose serale) e segnalarli al farmacista o al caregiver, che può intervenire con consigli (o aggiustare l'orario, magari la sera il paziente si addormenta prima di prendere il farmaco). La *FIP* evidenzia proprio che l'IA, grazie all'analisi di dati dei pazienti sull'uso dei farmaci, è in grado di *migliorare l'aderenza terapeutica*, ad esempio identificando quali pazienti potrebbero beneficiare di un follow-up più stretto ⁸⁰ ⁸¹.

In farmacologia clinica, un altro promettente ausilio dell'IA è la **farmacovigilanza automatizzata**: sistemi che monitorano in tempo reale grandi volumi di dati (cartelle cliniche, segnalazioni spontanee, perfino commenti sui social network riguardo a sintomi) per rilevare possibili segnali di reazioni avverse ai farmaci emergenti ⁸². Questo permette di individuare prima e meglio eventuali problemi di sicurezza di un farmaco, che poi il farmacista di farmacovigilanza può approfondire. Ad esempio, un algoritmo potrebbe setacciare cartelle cliniche elettroniche identificando correlazioni inaspettate (es. un certo evento avverso che ricorre con un farmaco specifico più di quanto atteso statisticamente) e portare alla luce segnali che altrimenti richiederebbero anni per emergere nei tradizionali sistemi di segnalazione.

Infine, per la **riconciliazione alla dimissione**: quando un paziente esce dall'ospedale, bisogna assicurarsi che sappia esattamente come proseguire la terapia a casa, specialmente se ci sono stati cambi durante il ricovero. L'IA può aiutare a generare *piani terapeutici semplificati* e personalizzati da consegnare al paziente (anche qui, un chatbot potrebbe accertarsi che il paziente ha compreso, rispondere a eventuali dubbi post-dimissione). In futuro, integrando AI e cartella clinica, immagino uno

scenario dove alla dimissione l'IA confronta la lista farmaci di ingresso e quella di uscita, evidenzia differenze, genera un promemoria per il MMG e il farmacista territoriale, e magari programma un check di follow-up (ad esempio, avvisa il paziente via app di contattare il proprio farmacista o medico dopo 1 settimana per monitorare la tolleranza alla nuova terapia).

In sintesi, **l'IA nel medication management** agisce come un *"copilota"* del farmacista clinico: setaccia dati e priorità, segnala possibili problemi (interazioni, dosi, duplicazioni), predice situazioni di rischio (pazienti a rischio di ADR o di scarsa aderenza) e in generale aiuta a *non farsi sfuggire nulla* e a *intervenire dove serve di più*. Ciò aumenta la sicurezza delle terapie e la personalizzazione delle cure. Naturalmente il giudizio finale e le decisioni restano in mano al farmacista e al team sanitario: l'IA fornisce *suggerimenti e allarmi*, ma poi sta al professionista verificare e concordare modifiche col medico/paziente. Questo rientra esattamente nelle raccomandazioni di FIP e PGEU: l'IA deve supportare, non sostituire, il giudizio professionale ¹⁹ ²⁰. Con strumenti IA ben progettati, il farmacista può lavorare in modo più *proattivo*, concentrandosi sugli aspetti clinici di alto livello mentre l'IA sbriga il lavoro preliminare di analisi dei dati.

6.3 IA nella preparazione galenica e formulazioni personalizzate

La **galenica** – l'arte farmaceutica di allestire medicinali personalizzati a partire da sostanze attive e eccipienti – è un campo dove tecnologia e innovazione stanno portando notevoli cambiamenti. Negli ultimi anni si è assistito, ad esempio, all'introduzione della **stampa 3D di farmaci** e al crescente utilizzo di modelli computazionali per lo sviluppo formulativo. L'Intelligenza Artificiale può dare un contributo significativo sia nel *progettare formulazioni* su misura (ottimizzando composi e processi), sia nel *personalizzare le terapie* per specifici pazienti (in termini di dosaggi, forme farmaceutiche, combinazioni).

Un caso all'avanguardia in Italia è quello della **Farmacia dell'Ospedale di Padova**, che ha implementato una linea produttiva di farmaci galenici basata su **stampa 3D integrata con intelligenza artificiale** ⁸³. Questo progetto – il primo strutturato di tale genere in Italia – permette di realizzare terapie personalizzate con elevata precisione, producendo ad esempio compresse multi-strato, film orodispersibili o capsule con dosaggi calibrati per il singolo paziente. La tecnologia consente di stampare forme farmaceutiche innovative, come *compresse multistrato a rilascio differenziato*, *film orali per pazienti con difficoltà di deglutizione* o *blister multi-dose* dove ogni dose è su misura ⁸⁴ ⁸⁵. L'IA entra in gioco nel controllo e ottimizzazione del processo: grazie a modelli predittivi, è possibile controllare con estrema accuratezza i dosaggi e garantire uniformità (la stampante 3D è collegata a un sistema chiuso che riduce il rischio di errori e contaminazioni, e l'IA aiuta a monitorare e regolare parametri come volume erogato, temperatura, etc. in tempo reale) ⁸⁶. Inoltre, l'uso di un sistema intelligente rende possibile gestire in maniera efficiente la produzione di *70-80 mila preparazioni personalizzate l'anno* solo in quell'ospedale ⁸³, destinati prevalentemente a pazienti pediatrici, anziani e con malattie rare che necessitano di dosaggi o forme non disponibili in commercio ⁸⁷.

Il vantaggio è duplice: da un lato si ottengono **dosi estremamente precise e adattate** alle esigenze (evitando sotto o sovradosaggi che capitano quando si devono spezzare compresse standard, ad esempio), dall'altro si possono combinare più farmaci in una sola unità posologica se compatibili (riducendo numero di pillole da assumere). L'IA, in combinazione con la stampa 3D, permette anche di innovare nel *design* delle formulazioni: ad esempio, modulando struttura e geometria di una compressa per ottenere il rilascio controllato desiderato (l'IA può simulare come la forma influisce sul rilascio e ottimizzarla prima di stampare). Nel caso di Padova, la stampante 3D con IA consente di titolare con precisione i dosaggi (anche per farmaci in sperimentazione clinica non ancora disponibili commercialmente, come citato) e di creare formati adatti a specifiche esigenze (film per disfagici, liquidi monodose per nutrizione enterale, compresse a dosaggio differenziato per allergie) ⁸⁸.

Oltre alla stampa 3D, l'IA trova applicazione nel supporto ai farmacisti preparatori in vari modi:

- **Sviluppo formulativo accelerato:** Tradizionalmente, per sviluppare una nuova formulazione (es. uno sciroppo personalizzato per un pediatrico) si andava per tentativi, con vari test di stabilità e compatibilità. Ora modelli di *machine learning* possono apprendere dalle formulazioni esistenti e predire quali eccipienti e in che proporzione daranno la miglior stabilità o palatabilità. Ciò riduce i tentativi necessari in laboratorio. Ad esempio, un algoritmo può prevedere come varierà la solubilità di un principio attivo al variare del pH e della concentrazione di solubilizzanti, aiutando a selezionare la base liquida ottimale.
- **Ottimizzazione degli eccipienti:** L'IA può analizzare big data di formulazioni (anche brevettuali o di letteratura) e suggerire combinazioni di eccipienti innovative. Per esempio, determinare la miscela ottimale di polimeri in una compressa a rilascio prolungato per ottenere un certo tempo di dissoluzione, senza dover provare manualmente decine di combinazioni. Oppure selezionare quale polimero di rivestimento è più adatto per mascherare il sapore amaro di un attivo, in base a dati noti su analoghi.
- **Controllo di qualità predittivo:** invece di attendere settimane per uno studio di stabilità accelerata, modelli IA (addestrati su tanti dati di degradazione chimica) possono prevedere la shelf-life di una preparazione galenica in certe condizioni. Ad esempio, data una formula di crema magistrale (con fase acquosa, conservanti, etc.), l'IA può stimare il rischio di crescita microbica e suggerire l'aggiunta di un conservante o un cambio di concentrazione. O prevedere se due principi attivi in un'iterazione galenica potrebbero interagire chimicamente (degradandosi a vicenda) analizzando le loro strutture molecolari.

Come evidenziato in un contributo al congresso SIFO, l'IA può essere di *estrema utilità nel contesto sanitario* nonostante presenti limiti, e in quell'occasione è emerso che integrandola con metodiche di chimica fisica si possono **semplificare e ottimizzare i processi di scoperta di nuovi farmaci** e supportare i laboratori di galenica per velocizzare studi di stabilità e fare risk assessment predittivi nella galenica sterile ⁵¹ ⁵³. Ad esempio, in un laboratorio galenico sterile (dove si preparano iniettabili, come sacche di chemioterapici in ospedale), fare *risk assessment* è fondamentale per la sicurezza (valutare rischio contaminazione, esposizione operatori, ecc.): un'IA può calare dati predittivi (es. quanti cicli di apertura sportello glovebox prima di aumentare il rischio, ecc.) nel contesto specifico e suggerire misure mitigative.

Un'applicazione particolare della galenica in cui l'IA è coinvolta è la **formulazione pediatrica**: Spesso i bambini hanno bisogno di dosi ridotte e forme adatte (sciroppi, sospensioni). L'IA può aiutare a creare formulazioni *a dose variabile* con stampanti 3D (immagina strisce orodispersibili dove la stampante modulando lunghezza e spessore modula il dosaggio in base al peso del bambino) – in parte già realtà a Padova. Inoltre, può supportare i farmacisti nel calcolo di *dosi personalizzate*: in futuro potremmo avere app in cui il farmacista inserisce età, peso, parametri clinici di un paziente pediatrico e l'IA propone formulazione e dose di farmaco appropriata, attingendo a database pediatriche (questo deve ovviamente seguire linee guida, ma su farmaci off-label in pediatria potrebbe essere utile orientamento).

Un altro aspetto è la **galenica per terapie avanzate**: es. preparazione di cocktail nutrizionali, sacche galeniche per nutrizione parenterale, ecc. L'IA può aiutare a bilanciare gli elettroliti, volumi, calcolo osmolarità ideale, ecc., rendendo più rapida e sicura la composizione. Già ora alcuni software sono utilizzati, ma con AI si potrebbero ottimizzare anche costi e stock di materie prime (ad es. l'algoritmo sceglie la fiala di vitamine di volume ottimale per minimizzare sprechi, etc.).

In sintesi, la **galenica 4.0** grazie all'IA diventa più **precisa, efficiente e su misura**. Il farmacista galenista potrà disporre di strumenti che suggeriscono formulazioni e processi ottimali, e di apparecchiature (come le stampanti 3D e robot di laboratorio) che realizzano il prodotto fisico con alto grado di automazione e controllo. Questo non elimina la necessità del farmacista – anzi, ne espande il ruolo: potrà realizzare cose prima impossibili (formule complesse personalizzate per un singolo paziente su larga scala) e dedicare più tempo alla progettazione clinica della terapia mentre le parti esecutive routinarie vengono automatizzate.

Va sottolineato che queste innovazioni richiedono un **aggiornamento delle competenze**: come notato, diffondere l'IA in farmacia comporta formare “farmacisti digitali” con competenze ibride tra tecnologia, farmacologia e gestione dei dati ⁸⁹ ⁹⁰. Questo è già riconosciuto: emergono nuove figure come l'esperto in *digital health applicata al pharma* e il farmacista che sa interfacciarsi con sistemi di AI ⁸⁹. Nella galenica ciò significa che il farmacista dovrà saper usare stampanti 3D, interpretare output di modelli predittivi, mantenere e validare sistemi computerizzati – competenze un po' diverse dalla spatola e mortaio tradizionali, ma che non ne cancellano l'importanza.

6.4 IA e supporto consulenziale per le norme di dispensazione (compliance normativa)

La dispensazione dei medicinali al pubblico è un atto professionale del farmacista fortemente regolamentato da leggi e norme, volto a garantire un uso sicuro e appropriato dei farmaci. “Norme relative alla dispensazione” comprende ad esempio: verificare la validità formale della ricetta medica (o della prescrizione dematerializzata), assicurarsi che il medicinale richiesto possa essere legalmente erogato (distinzione tra farmaci con obbligo di ricetta, ricetta speciale stupefacenti, uso off-label, piani terapeutici, limitazioni AIFA, ecc.), rispettare eventuali **limitazioni di quantità o di tempo** (es. numero massimo di confezioni dispensabili per ricetta, validità temporale della ricetta), applicare le note AIFA o le condizioni di rimborsabilità del SSN, informare il paziente su corretto uso e avvertenze particolari, nonché registrare opportunamente le dispensazioni (ad es. stupefacenti da annotare in registri). Si tratta di un complesso di regole burocratiche e cliniche in continua evoluzione, e la cui inosservanza può portare sia a rischi per il paziente sia a sanzioni per il farmacista.

L'Intelligenza Artificiale può essere un valido **assistente digitale per il farmacista** nel navigare questo mare di normative, fungendo da “*consulente virtuale*” sempre aggiornato e pronto a verificare la conformità di ogni dispensazione in tempo reale. Vediamo come:

- **Verifica automatica delle ricette elettroniche:** Ormai la maggior parte delle prescrizioni è dematerializzata (ricetta elettronica). Un sistema IA integrato col gestionale della farmacia può controllare ogni ricetta al momento della dispensazione e segnalare se qualcosa non quadra. Ad esempio: se su una ricetta SSN c'è un farmaco non concedibile in quel regime (es. un farmaco di fascia C erroneamente prescritto su ricetta rossa) oppure se la ricetta supera i limiti (tipo prescrive 3 confezioni di un antibiotico dove la norma ne consente max 2), l'IA può allertare il farmacista prima di dispensare. Oppure, verifica la **data**: se la ricetta è scaduta (oltre 30 giorni), il sistema lo evidenzia. Questo genere di controlli alcuni gestionali già li fanno in base a regole codificate, ma un'IA potrebbe essere addestrata a riconoscere anche casi particolari che sfuggono alle semplici regole. Ad esempio, notare che il medico ha prescritto un farmaco fuori indicazione e che la nota AIFA richiederebbe piano terapeutico per la rimborsabilità (cosa che un semplice software non “capisce” a meno di programmarlo per ogni scenario, mentre un'IA NLP che legge diagnosi e prescrizioni potrebbe capirlo).
- **Gestione degli stupefacenti e farmaci da registro:** La dispensazione di medicinali stupefacenti (legge 309/90 in Italia) richiede ricette speciali, registrazione su appositi registri, e ha limiti stretti

(dosi massime per terapia, durata massima della terapia prescrivibile). Un assistente IA può semplificare tutto ciò: quando si presenta una ricetta di morfina, l'IA controlla che tutti i campi obbligatori siano presenti (intestazione medico, motivazione se pz non oncologico, quantità in lettere e numeri, ecc.), e che la dose prescritta rientri nei limiti (ad es. non oltre 30 giorni di terapia). Può quindi guidare il farmacista nel registrare l'operazione, magari compilando automaticamente il registro elettronico degli stupefacenti. Questo riduce errori formali e il rischio di sanzioni. Alcune farmacie iniziano ad adottare registri elettronici e sistemi di scanning OCR delle ricette: integrando IA OCR (riconoscimento ottico dei caratteri) la ricetta cartacea speciale potrebbe essere letta automaticamente e i dati estratti, poi l'IA li confronta con i database normativi.

- **Consulenza normativa on-demand:** Immaginiamo un farmacista davanti a un caso dubbio – ad esempio, un medico ha prescritto un farmaco a base di isotretinoina a una donna in età fertile senza che risulti allegato il modulo del programma di prevenzione gravidanza (richiesto per quel farmaco). Il farmacista può interrogare un assistente IA: “È conforme dispensare isotretinoina con questa ricetta o serve documentazione aggiuntiva?”. L'IA, addestrata sulle linee guida e normative, può rispondere che è obbligatorio aver registrato un test di gravidanza negativo e un modulo di consenso firmato, e dunque il farmacista dovrebbe richiederli prima di dispensare. Oppure, un altro esempio: “Può un infermiere con prescrizione in deroga richiedermi un farmaco Rx?” – l'IA normativa risponderà citando il DM pertinente che specifica le figure autorizzate e i limiti. Questo scenario è simile ad avere un *manuale costantemente aggiornato* da consultare a voce o per iscritto, velocizzando il lavoro.
- **Informazione al paziente su normative di uso:** Alcune normative impongono informare il paziente di certi aspetti (es: se il farmaco rientra in Piano di farmacovigilanza addizionale – triangolo nero – il farmacista dovrebbe spiegare di segnalare eventuali ADR; oppure se è un antibiotico, ricordare di non interrompere prima). Un sistema IA può fornire prompt al farmacista tipo “Ricorda di avvisare il paziente su X e Y per questo farmaco (richiesto da normative/regolamenti)”. Ad esempio, con la nuova normativa europea sull'uso prudente degli antibiotici, potrebbe far comparire un breve promemoria da dare al paziente.
- **Interoperabilità con fascicolo sanitario e prescrizione appropriata:** In prospettiva, l'IA potrebbe essere a cavallo tra medico e farmacista. Se una prescrizione medica appare non conforme a linee guida o norme di rimborsabilità, l'IA potrebbe segnalarlo già al medico in fase di prescrizione (ciò sta arrivando con ricetta elettronica avanzata). Ma se ancora arriva in farmacia qualcosa di anomalo, l'IA del farmacista fungerebbe da rete di sicurezza finale, consigliando di confrontarsi col medico prescrittore prima di dispensare. Un tipico caso: un paziente chiede un farmaco che in base alle sue esenzioni o piani terapeutici nel fascicolo sanitario appare non indicato – l'IA può incrociare queste info (ovviamente con autorizzazioni privacy) e allertare il farmacista.

Il PGEU nelle sue raccomandazioni enfatizza la necessità di **norme chiare e supervisione delle autorità** quando si introduce l'IA in farmacia, proprio per garantire che i profili di responsabilità siano definiti (ad esempio in caso di errore del sistema) ²⁷. Tuttavia riconosce che se ben governata, l'IA può migliorare la salute pubblica e rafforzare il ruolo della farmacia di comunità ⁹¹. In particolare, *tutelare i dati dei pazienti e la trasparenza verso i cittadini* è fondamentale ²⁴: se un assistente IA viene usato in farmacia, i pazienti dovrebbero saperlo (es. informativa che la loro ricetta è controllata anche da un sistema AI) e bisogna assicurare che i dati siano protetti (rispettando GDPR).

In termini pratici, un sistema IA in farmacia per compliance normativa potrebbe essere integrato nel gestionale come “Modalità Controllo Norme”: prima di confermare la dispensazione, il farmacista fa

passare i dati e l'IA gli dà semaforo verde o liste di possibili problematiche con riferimento normativo. Questo è utile specialmente per farmacisti giovani o per quelle norme che cambiano spesso – pensiamo ad esempio alle esenzioni per reddito, categorie protette, o alle differenze di rimborsabilità regioni: un'IA aggiornata può ricordare al farmacista di applicare correttamente quell'esenzione.

Un altro esempio concreto: **AI Act europeo e implicazioni privacy** (che discuteremo nel capitolo 7) potrebbero un domani imporre al farmacista di informare il paziente se per erogare il servizio sta utilizzando un sistema di AI ad alto rischio. In tal caso, l'interfaccia col paziente dovrebbe essere trasparente ("questo consiglio è in parte generato da IA, se preferisce posso spiegare personalmente basandomi sulle linee guida..."). Dunque l'adozione di IA nel consiglio e nella dispensazione dovrà essere fatta in modo etico e trasparente, mantenendo sempre la **relazione di fiducia farmacista-paziente** ⁹².

In conclusione di questo capitolo dedicato al farmacista, possiamo affermare che l'IA, se implementata correttamente, **potenzia il ruolo professionale**: solleva dal peso di molte incombenze (gestionali, analitiche, normative) e libera più tempo ed energie per il nucleo della professione, che è l'assistenza al paziente e il consiglio terapeutico qualificato. Non a caso, la FIP sottolinea che l'IA deve *rafforzare, non indebolire, il rapporto umano tra farmacista e paziente* ⁷⁷ ⁷⁸ – in altre parole, l'IA dovrebbe occuparsi delle parti "meccaniche" o dei controlli incrociati, dando al farmacista la possibilità di dedicarsi all'ascolto, all'empatia, alla personalizzazione del consiglio. Con un uso responsabile, standard condivisi e formazione adeguata, l'integrazione dell'IA in farmacia può tradursi in **servizi di maggiore qualità, sicurezza e efficienza** per i cittadini.

Capitolo 7: Quadro normativo – L'AI Act dell'Unione Europea e le implicazioni per la privacy in sanità

L'impiego crescente dell'Intelligenza Artificiale in tutti i settori, inclusa la sanità, solleva nuove sfide regolatorie ed etiche. L'Unione Europea ha risposto con un approccio pionieristico: la creazione di un **quadro normativo organico per l'IA**, noto come **AI Act**, che intende garantire uno sviluppo e un utilizzo dell'IA sicuri, trasparenti e rispettosi dei diritti fondamentali dei cittadini europei ⁹³ ⁹⁴. In parallelo, si rafforzano le norme esistenti sulla protezione dei dati (GDPR) con specifiche indicazioni per l'IA in ambito sanitario. In questo capitolo esamineremo in sintesi cosa prevede l'AI Act UE, come l'Italia sta recependo tali principi (Legge 132/2025), e quali sono le problematiche di **privacy** quando si applica l'IA alla salute. Lo faremo con un taglio pratico per evidenziare cosa significherà per i farmacisti e gli operatori sanitari muoversi nel contesto normativo nuovo.

L'AI Act dell'Unione Europea – un regolamento orizzontale: L'AI Act (formalmente Regolamento (UE) 2024/1689) è stato approvato nelle sedi UE nel 2024 ed è destinato a diventare la prima legislazione completa sull'intelligenza artificiale al mondo ⁹⁵. È concepito come un **Regolamento** (dunque direttamente applicabile in tutti gli Stati membri) e adotta un approccio basato sul **rischio**. In particolare, classifica i sistemi di IA in varie categorie:

- **IA ad inaccettabile rischio:** quelli vietati perché ritenuti contrari ai valori UE (es. sistemi di social scoring stile "credito sociale", IA per manipolazione comportamentale dei bambini, riconoscimento facciale in tempo reale in spazi pubblici per fini di legge, etc.). Queste applicazioni sono proibite sul mercato europeo.
- **IA ad alto rischio:** quelle che possono incidere significativamente su sicurezza o diritti fondamentali delle persone. In campo sanitario, *rientrano in questa categoria praticamente tutti i sistemi di IA destinati a essere utilizzati per finalità cliniche, diagnostiche, decisionali su pazienti* ⁹⁶

⁹⁷ . Anche le IA impiegate come componenti di dispositivi medici o IVD (diagnostici in vitro) sono classificate come alto rischio (questo viene esplicitamente riconosciuto: se un software di IA è un dispositivo medico regolato da MDR o IVDR, automaticamente ricade tra le IA ad alto rischio secondo l'AI Act) ⁹⁸ . Per i sistemi ad alto rischio, l'AI Act prevede **rigorosi requisiti**: gestione del rischio durante l'intero ciclo di vita, qualità dei dati di addestramento (devono essere pertinenti, rappresentativi, senza bias discriminatori se possibile), documentazione tecnica e tracciabilità delle decisioni, trasparenza verso gli utenti, robustezza e sicurezza, obbligo di sorveglianza post-market e monitoraggio delle performance ⁹⁹ . Inoltre, tali sistemi richiederanno una **valutazione di conformità** prima dell'immissione sul mercato (simile alla marcatura CE dei dispositivi medici): dovranno essere certificati da organismi notificati o seguire procedure interne con controlli se previsto ⁹⁷ ¹⁰⁰ .

- **IA a rischio limitato**: qui rientrano la maggior parte delle applicazioni non critiche. È richiesto comunque un minimo di trasparenza (ad esempio se un utente interagisce con un chatbot, deve essere informato che è un'IA e non un umano). Ma in generale questi sistemi possono essere immessi sul mercato senza particolari autorizzazioni, pur dovendo rispettare il GDPR e altre leggi generali.
- **IA a rischio minimo**: come quelle incorporate in videogiochi o filtri anti-spam, per cui non ci sono obblighi particolari aggiuntivi.

Il principio è dunque: **più alto il rischio, più stringenti le regole**. Nel contesto sanitario, quasi tutte le IA significative (diagnosi, prognosi, raccomandazioni terapeutiche) sono considerate *alto rischio*, e quindi dovranno rispettare requisiti molto rigorosi prima di poter essere utilizzate sul paziente.

La Legge italiana 132/2025: L'Italia ha anticipato molti paesi introducendo la Legge 132 del 2025, in vigore dal 10 ottobre 2025, che *recepisce i principi dell'AI Act specificamente per l'ambito sanitario nazionale* ¹⁰¹ ¹⁰² . Non si tratta solo di un coordinamento tecnico con le norme UE, ma di una vera riforma che lega innovazione digitale e ricerca scientifica in sanità con un modello etico di utilizzo dei dati ¹⁰³ ¹⁰⁴ . In pratica questa legge nazionale:

- **Rafforza trasparenza, sicurezza e supervisione umana** nell'uso dell'IA in sanità ¹⁰² . Ogni sistema di IA deve operare nel pieno rispetto dei diritti della persona e dei principi di protezione dei dati, con verifiche periodiche per garantire la sicurezza dei pazienti ¹⁰⁵ . Ad esempio, se un ospedale introduce un algoritmo di triage, dovrà assicurare controlli continui delle sue performance e la possibilità per i medici di intervenire/modificare le decisioni.
- **Differenzia regole per livello di rischio**: come l'AI Act, anche la legge italiana adotta il concetto che un'IA ad alto rischio (es. sistema diagnostico) ha obblighi stringenti (documentazione, audit, etc.), mentre quelle a basso rischio (es. chatbot informativo sul sito dell'ASL) hanno meno vincoli.
- **Interseca con MDR/IVDR**: come già detto, se l'IA è parte di un dispositivo medico, l'azienda dovrà adempiere sia ai regolamenti dispositivi sia ai requisiti aggiuntivi dell'AI Act, evitando di considerare la certificazione medica come sufficiente di per sé ⁹⁶ ¹⁰⁰ . Questo è importante: un software di diagnostica IA finora veniva marcato CE come dispositivo medico (classe IIa/IIb), adesso dovrà anche soddisfare requisiti aggiuntivi di AI Act che includono ad esempio gestione del rischio specifica per IA, qualità dati, e registrazione dei log per auditabilità.
- **Prevede una Piattaforma nazionale di IA e spazi di sperimentazione**: la legge italiana parla di favorire spazi di sperimentazione protetti (*sandbox* regolatorie) per testare IA in sanità sotto

supervisione, e di sviluppare una piattaforma nazionale di intelligenza artificiale ¹⁰⁶. L'idea è promuovere l'innovazione ma in contesti controllati e con governance pubblica.

- **Governance dei dati sanitari:** viene enfatizzato un quadro rigoroso per l'uso dei dati sanitari nei sistemi di IA. L'articolo 7 in particolare stabilisce che i sistemi di IA devono rispettare pienamente i diritti della persona e la protezione dei dati, garantendo affidabilità e **verifiche periodiche** per la sicurezza dei pazienti ¹⁰⁵. Questo implica ad esempio che un algoritmo predittivo impiegato su dati clinici debba essere regolarmente validato e "aggiustato" se l'ambiente cambia, e comunque progettato con *privacy by design*.

In sintesi, l'Italia sta cercando di essere all'avanguardia (anche se l'AI Act formalmente, essendo regolamento, sarà direttamente applicabile - la legge 132/2025 prepara il terreno e integra con aspetti organizzativi nazionali).

Implicazioni per i farmacisti e la sanità: Quando l'AI Act entrerà pienamente in vigore, per qualsiasi sistema di IA utilizzato in farmacia o in ospedale i professionisti potranno fare affidamento sul fatto che il sistema è stato **certificato e valutato**. Ad esempio, se un farmacista acquista un software di supporto decisionale per interazioni alimentato da IA, quel software se venduto in UE dovrà avere la marcatura o certificazione come IA ad alto rischio (se fornisce raccomandazioni terapeutiche) e quindi un certo livello di garanzia qualitativa. Questo è un po' come oggi vediamo il marchio CE sui dispositivi medici. In più, l'AI Act prevede obblighi di **trasparenza verso l'utente professionale**: il produttore deve fornire informazioni su come usare e interpretare il sistema, sui limiti noti, ecc., e mantenere una sorveglianza attiva (quindi i farmacisti potranno segnalare problemi e l'azienda sarà tenuta a reagire e comunicarli anche alle autorità se grave).

Un effetto interessante: poiché i dati di addestramento devono essere di qualità e (dove possibile) privi di bias discriminatori, ci sarà spinta a includere popolazioni diversificate nei dataset. Per la sanità ciò è etico e utile (evitare che un algoritmo funzioni bene solo su maschi caucasici di 70 kg, per dire). Anche il **coinvolgimento umano** è un principio chiave: l'AI Act di fatto chiede che per i sistemi ad alto rischio ci sia sempre la possibilità di intervento umano e di comprensione logica (as much as possible). Ad esempio, un algoritmo che propone un dosaggio dovrebbe spiegare su quali basi (almeno al livello di documentazione tecnica) è giunto a quella conclusione.

Privacy e protezione dei dati sanitari: Il Garante Privacy italiano ha elaborato un decalogo (2023) per l'uso dell'IA nei servizi sanitari nazionali ¹⁰⁷ ¹⁷. Questo decalogo, come visto nel capitolo 3, sottolinea alcuni principi chiave:

- Serve una **base giuridica specifica** per trattare dati sanitari con IA ¹⁷. Ovvero, o c'è una previsione di legge oppure consenso esplicito del paziente per quell'uso. Ad esempio, se un ospedale vuole usare i dati clinici per addestrare un algoritmo predittivo, dovrà assicurarsi di avere una base (spesso sarà la finalità di ricerca scientifica o di gestione sanitaria su base di legge/regolamento).
- **Privacy by design e by default:** i sistemi di IA vanno progettati fin dall'inizio con misure per minimizzare i dati raccolti, pseudonimizzare/anonimizzare ove possibile, e garantire accountability (tracciabilità di chi fa cosa) ¹⁰⁸.
- **Ruoli chiari:** bisogna definire chi è titolare del trattamento e chi (eventualmente) responsabile esterno, anche quando c'è di mezzo un'IA ¹⁰⁹. Se, ad esempio, una farmacia usa un servizio

cloud di AI per analizzare i dati dei pazienti, la farmacia è titolare e il fornitore AI è responsabile del trattamento, con contratto conforme a GDPR.

- **Principio di conoscibilità, di non esclusività decisionale e non discriminazione algoritmica:** l'interessato (paziente) ha diritto di conoscere l'esistenza e il funzionamento di eventuali decisioni automatizzate sulla sua salute ¹³. Inoltre, nessuna decisione sanitaria dev'essere totalmente lasciata all'algoritmo senza intervento umano (richiamando l'art.22 GDPR e quanto discusso sulla supervisione) ¹¹⁰. E il sistema deve essere monitorato per evitare bias discriminatori, con verifiche periodiche dell'accuratezza e dell'equità ¹¹¹.
- **Valutazione d'Impatto (DPIA)** obbligatoria: il GDPR già prevede che trattamenti con nuove tecnologie e dati sanitari richiedano DPIA, e l'uso di IA in sanità rientra sicuramente tra questi (il decalogo lo ribadisce esplicitamente) ¹⁶. Ciò significa che prima di implementare un sistema IA, l'organizzazione sanitaria deve analizzare i rischi per i diritti delle persone e predisporre misure per mitigarli.
- **Qualità dei dati:** il titolare deve garantire che i dati usati dall'IA siano esatti, aggiornati e pertinenti ¹¹². Non può affidarsi ciecamente alla macchina per ripulire errori: se i dati di partenza sono sporchi, l'IA darà output sbagliati. Va quindi assicurato un certo controllo umano sulla qualità del data set, correggendo eventuali errori.
- **Integrità e riservatezza:** richiamo alle misure di sicurezza appropriate. L'IA spesso comporta grandi set di dati centralizzati: vanno protetti da accessi non autorizzati. E un titolare non può fidarsi ciecamente del cloud provider: deve vigilare sulla sicurezza.
- **Correttezza e trasparenza:** bisogna informare chiaramente gli interessati sul fatto che si usi IA, pubblicare la DPIA (per trasparenza), e garantire modalità efficaci per gli individui di esercitare i propri diritti privacy e AI Act ¹¹³. Ad esempio, se un paziente volesse far correggere un dato o volesse contestare un output dell'IA sul suo caso, deve poterlo fare.
- **Supervisione umana:** punto cardine, come già spiegato, mai affidare in toto decisioni su dati sanitari a una macchina senza che un professionista mantenga controllo e possa intervenire ¹¹⁰ ¹¹⁴. Questo serve anche per prevenire discriminazioni e errori: l'umano addestrato può percepire contesti che l'algoritmo non comprende e impedire decisioni inique.
- **Etica e dignità:** infine, sia il Garante UE sia quello italiano enfatizzano che l'IA deve rispettare la dignità umana e non prendere decisioni che la ledano ¹¹³. Ad esempio, un'IA che decidesse di negare un trattamento a qualcuno per considerazioni di minore valore della sua vita sarebbe eticamente inaccettabile; quell'IA non andrebbe implementata. Ogni utilizzo dell'IA in sanità deve essere conforme ai principi deontologici e ai valori fondamentali (equità, universalismo delle cure, ecc.).

Dal punto di vista pratico in farmacia e in ospedale, tutto questo significa che i progetti di IA saranno accompagnati da robusta documentazione e controlli, e i professionisti dovranno essere consapevoli delle responsabilità. Ad esempio, un farmacista ospedaliero che usa un sistema IA per validare terapie dovrà essere formato a capire i limiti del sistema, e l'ospedale dovrà avere definito protocolli su come l'output dell'IA viene integrato nel processo decisionale (mai in modo del tutto automatico). Inoltre, i farmacisti e medici dovranno *informare i pazienti* quando decisioni sulle loro cure coinvolgono IA (ad esempio, "abbiamo usato un programma avanzato per supportarci nella scelta della terapia, ma la decisione finale è sempre del team medico").

In prospettiva, si potrebbe arrivare a **certificazioni di qualità per le IA** sanitarie analoghe a quelle ISO per laboratori, e a figure come auditor di AI ospedalieri. Per il farmacista, potrebbe nascere la figura del *AI-pharmacist* che garantisce la compliance dell'uso di IA in farmacia e che funge da riferimento per la verifica di questi sistemi (ad esempio controlla che l'IA di controllo interazioni sia aggiornata alle ultime evidenze, etc.).

Già ora il PGEU chiede di *definire ruoli delle autorità nazionali per valutazione e supervisione delle tecnologie AI usate in farmacia* ¹¹⁵. Ciò prelude al fatto che i Ministeri della Salute e agenzie (tipo AIFA, Ministero Salute, ecc.) dovranno attrezzarsi per valutare gli algoritmi esattamente come valutano i farmaci o dispositivi. E a cascata, forniranno linee guida alle farmacie su come usarli.

Ricapitolando, l'AI Act UE e le normative privacy connesse mirano a creare un ambiente di **fiducia** attorno all'IA: cittadini e professionisti devono poter contare sul fatto che se un sistema IA è in uso, è stato controllato (sotto il profilo tecnico e etico), e che i loro diritti sono tutelati. Questo comporterà un po' di burocrazia (certificazioni, DPIA, manuali d'uso, consensi informati specifici magari), ma sul lungo termine aumenterà l'adozione perché riduce i timori.

Dal punto di vista del paziente, sapere che c'è una legge specifica per l'IA in sanità aiuta a creare accettazione: ad esempio, il paziente sarà più disposto a fidarsi di un "farmacista digitale" se è conscio che quell'IA ha dovuto passare uno scrutinio e che il farmacista in carne ed ossa rimane garante del processo.

Per concludere questa sezione normativa, vale la pena ribadire il concetto evidenziato dal PGEU: l'IA è una grande opportunità per la farmacia, *a patto che venga integrata con responsabilità, trasparenza e rispetto delle competenze professionali* ⁹¹. Un robusto quadro normativo come quello europeo servirà proprio a questo: **governare la rivoluzione tecnologica** affinché migliori la salute pubblica e potenzi il ruolo del farmacista nel sistema sanitario, senza intaccare la fiducia e la sicurezza del pubblico.

Capitolo 8: Conclusioni e prospettive future

L'Intelligenza Artificiale sta rapidamente diventando parte integrante del panorama sanitario e farmaceutico. In questo elaborato abbiamo esplorato cos'è l'IA, come funziona e quali rischi comporta, per poi focalizzarci sulle sue **applicazioni pratiche in farmacia** – dalla gestione economica alla clinica del farmaco – senza trascurare il fondamentale contesto normativo e di privacy che ne accompagnerà lo sviluppo. Cosa possiamo trarre da questa approfondita ricognizione?

Primo. L'IA non è magia, ma strumento. Un potentissimo strumento, certo, capace di elaborare dati con una velocità e una profondità impensabili per la mente umana, e di **apprendere dall'esperienza**. Ciò le consente di fornire supporto decisionale, automazione di processi e personalizzazione delle cure su misura del singolo paziente – aspetti estremamente promettenti per migliorare la pratica farmaceutica e la sanità in generale. Tuttavia, come abbiamo visto, l'IA ha anche **limiti intrinseci**: non possiede comprensione né coscienza reale, può commettere errori (le famose *allucinazioni* dei modelli generativi) e riflette pregiudizi presenti nei dati. Dunque, la prima conclusione è che l'IA va adottata con *consapevolezza critica*: i farmacisti (e gli operatori sanitari tutti) dovranno conoscere le potenzialità ma anche i difetti delle tecnologie che utilizzano. Ciò implica formazione specifica, la capacità di leggere oltre il risultato dell'algoritmo, e mantenere sempre il **controllo umano** sulle decisioni finali ¹⁹ ²⁰.

Secondo. Se ben utilizzata, l'IA può davvero **potenziare il ruolo del farmacista** e la qualità dei servizi offerti al paziente. Abbiamo visto esempi concreti: una gestione di magazzino ottimizzata al dettaglio (evitando sprechi e carenze) ⁶¹; la possibilità di dedicare più tempo al counseling perché molte

operazioni sono automatizzate ⁶⁹ ⁷⁰ ; un controllo incrociato sulle terapie più efficace, che riduce errori di terapia e migliora l'aderenza ⁷⁵ ; formulazioni galeniche personalizzate per pazienti fragili (pediatrici, anziani) realizzate con tecnologie avanzate come la stampa 3D ⁸⁵ ; persino un "secondo parere" normativo sempre disponibile per navigare la complessità legislativa ¹³ ¹¹⁰ . In tutte queste situazioni l'IA svolge un lavoro preparatorio e di supporto, mentre il farmacista rimane al centro: è lui/lei a interpretare i dati, a comunicare col paziente, a prendere decisioni. In altre parole, l'IA può liberare il farmacista da incombenze ripetitive e analisi macchinose, permettendogli di esprimere al meglio le sue competenze cliniche e relazionali. La letteratura e le posizioni ufficiali (FIP, PGEU) ribadiscono questo concetto: l'IA **deve aiutare i farmacisti a lavorare meglio, non sostituirli**, e anzi lasciare loro più spazio per quel valore aggiunto umano che nessuna macchina può replicare – l'empatia, il giudizio clinico contestualizzato, il rapporto di fiducia ¹⁹ ²⁰ .

Terzo. L'integrazione dell'IA in sanità richiede **solide garanzie etiche e legali**. Su questo l'Europa sta giocando d'anticipo con l'AI Act ⁹⁵ . Dal punto di vista pratico, ciò si tradurrà per i professionisti in strumenti certificati di qualità, in linee guida e standard da seguire, e in un maggiore livello di trasparenza verso i pazienti. Il farmacista di domani dovrà essere anche un po' "esperto di dati": capire l'importanza della privacy (specialmente maneggiando dati sanitari e usando IA cloud), assicurarsi che i sistemi siano aggiornati e mantenuti, saper comunicare ai pazienti quando c'è di mezzo una decisione supportata da IA e come funziona. Tutto questo alimenterà la fiducia: la popolazione sarà più propensa ad accettare innovazioni come un agente conversazionale in farmacia o un robot preparatore di terapie se saprà che sono sotto controllo normativo e umano. Come concluso dal PGEU, un'IA ben governata potrà *migliorare la salute pubblica e rafforzare il ruolo della farmacia di comunità* nel sistema sanitario ⁹¹ . Viceversa, un'adozione sregolata e opaca potrebbe minare la fiducia e causare incidenti: da qui l'importanza capitale di normative chiare, supervisione da parte delle autorità, formazione del personale e informazione ai cittadini ²⁷ ²⁴ .

Quarto. Le competenze richieste ai farmacisti evolveranno. Accanto alle conoscenze classiche di farmacologia, tecnologia farmaceutica, legislazione ecc., dovranno aggiungersi elementi di **digital health**: sapere interpretare un output di AI, capire concetti base come algoritmo, bias, sensibilità, ecc., e interfacciarsi con ingegneri clinici e data scientist per l'implementazione di queste soluzioni. Già ora le università e gli ordini professionali iniziano a proporre corsi su IA e big data applicati alla farmacia. Le linee guida FIP chiedono l'inserimento di moduli di intelligenza artificiale nei curricula accademici ⁵⁷ . È probabile che emergeranno anche ruoli specializzati: pensiamo al *data pharmacist* in aziende farmaceutiche che addestra modelli per drug discovery, o al *pharmacy AI officer* in grandi catene per gestire i sistemi di ottimizzazione e interfacce con i clinici, o ancora al *farmacista di telemedicina* che lavora con piattaforme digitali. L'innovazione creerà quindi nuove opportunità professionali per chi saprà coglierle.

Quinto. Il rapporto umano rimarrà centrale e insostituibile. Per quanto ChatGPT possa apparire "intelligente" e per quanto un robot possa allestire farmaci con precisione, la relazione di fiducia tra paziente e professionista sanitario è costruita su elementi emotivi, comunicativi e sociali che sono esclusiva dell'essere umano. Il farmacista è un educatore sanitario e un consigliere, ruoli che richiedono ascolto empatico, comprensione delle sfumature individuali, adattabilità creativa: caratteristiche che le IA, come visto, non possiedono (agiscono per correlazioni statistiche, senza intenzionalità o autentica comprensione). L'uso dell'IA in farmacia deve quindi essere calibrato per *supportare ma non frammentare* questa relazione. Ad esempio, bene avere un chatbot che risponde h24 a domande semplici del pubblico, ma quando c'è da spiegare a un paziente perché deve seguire una certa terapia nonostante gli effetti collaterali, sarà sempre fondamentale l'intervento diretto del farmacista con la sua sensibilità. L'AI Act e i codici etici insisteranno su questa distinzione.

Volgendo lo sguardo al **futuro**, possiamo immaginare alcuni scenari:

- **Farmacia “phygital”**: un’integrazione fluida di elementi fisici e digitali. Il paziente entra in farmacia e può interagire con totem intelligenti per alcune informazioni di base, mentre il farmacista – coadiuvato da IA che prepara documenti e verifica normative in background – può dedicare più tempo alla consulenza avanzata. Oppure, pazienti da remoto potranno ricevere assistenza virtuale in videoconsulto col farmacista, con l’IA che nel frattempo recupera la loro storia farmacologica dal fascicolo sanitario e suggerisce al farmacista eventuali problemi da discutere.
- **Terapie personalizzate di massa**: con la stampa 3D e IA, si potrebbe arrivare a fornire a ciascun paziente le proprie compresse settimanali “personalizzate” (la cosiddetta pillola polifarmacologica personalizzata). Ogni blister potrebbe essere stampato dal farmacista o da centri specializzati su prescrizione, grazie a IA che calcola esattamente dosi e combinazioni per quel paziente. Questo migliorerebbe aderenza (meno pillole separate) e risultati clinici (dosi su misura). Un tempo scenario fantascientifico, oggi già sperimentato a Padova ⁸³ e in altri centri nel mondo.
- **Preventive Pharmacy**: il farmacista potrebbe evolvere sempre più come consulente di prevenzione e benessere, e qui l’IA offre strumenti predittivi: ad esempio, analizzando il profilo di acquisti OTC/vitamine di una persona, potrebbe consigliare screening o misurazioni specifiche (se l’IA nota che il soggetto compra spesso antiacidi, potrebbe suggerire al farmacista di parlargli di dieta o screening H. pylori; se vede integratori per insonnia, magari offrire consulenza sul sonno). Sempre con delicatezza e rispetto della privacy ovviamente, ma aprendo il campo a una farmacia proattiva.
- **Collaborazione interprofessionale**: l’IA faciliterà lo scambio di informazioni tra farmacisti, medici e altri sanitari. Sistemi interoperabili permetteranno ai farmacisti clinici di inserire note o raccomandazioni che l’IA del medico evidenzierà in fase di prescrizione successiva (es: “il farmacista segnala che il paziente non ha più ritirato le medicine per ipertensione, considerare verifica aderenza”). In questo, l’IA funge da “collante informativo” tra professionisti, riducendo i silos.
- **Nuove sfide etiche**: in futuro potremmo dover affrontare dilemmi su IA molto avanzate (pensiamo all’arrivo di una eventuale AGI, Intelligenza Artificiale Generale). I farmacisti, come tutti i professionisti, dovranno interrogarsi su fin dove delegare. Già oggi c’è chi ipotizza IA in grado di leggere studi clinici e proporre aggiornamenti di linee guida – scenario affascinante ma anche inquietante. Sarà fondamentale mantenere il dibattito etico aperto e coinvolgere i professionisti della salute nel definire limiti e usi appropriati di queste tecnologie.

In conclusione, l’Intelligenza Artificiale rappresenta **un potere positivo, ma va controllato** (parafrasando il titolo di un articolo su iFarma ¹¹⁶). La sua introduzione in ambito sanitario e farmaceutico promette benefici enormi in termini di efficienza, personalizzazione e sicurezza delle terapie. Tuttavia, per realizzare questo potenziale senza effetti collaterali, è necessaria una *governance illuminata*: norme chiare, formazione adeguata, supervisione continua e centralità dell’etica.

I farmacisti, dal canto loro, si trovano all’alba di una nuova era in cui potranno svolgere compiti impensabili fino a pochi anni fa, collaborando con “colleghi digitali” intelligenti. Sarà un percorso di crescita professionale che richiederà adattamento e studio, ma che in ultima analisi potrà **arricchire la professione** e aumentare l’impatto positivo sulla salute dei pazienti. Come evidenziato in vari consessi,

il farmacista del futuro sarà sempre più un *“farmacista digitale”* con competenze ibride tra tecnologia, farmacologia e data science ⁸⁹ ⁹⁰, senza però dimenticare la propria identità di professionista sanitario votato al servizio della persona.

Dall'analisi svolta emerge chiaramente un messaggio: l'IA in farmacia non è uno scenario futuristico, ma una realtà in divenire. Le sue basi sono già qui – negli algoritmi che ottimizzano gli ordini, nei primi esempi di galenica 3D, nei sistemi di supporto clinico – e il quadro normativo e formativo si sta allineando. **Abbracciare l'IA in modo critico e preparato** sarà la chiave per i farmacisti per rimanere protagonisti nell'evoluzione del sistema sanitario. Se ciò avverrà, i benefici saranno condivisi: per i professionisti (maggiore efficacia e soddisfazione sul lavoro), per il sistema (più efficienza e sostenibilità) e soprattutto per i pazienti, che avranno accesso a cure migliori, più su misura e sicure.

In ultima istanza, potremmo dire che l'intelligenza artificiale, lungi dal sostituire l'“intelligenza umana” del farmacista, ne diventerà alleata. Una frase sintetizza bene questo concetto: **“L'IA non rimpiazzerà i farmacisti, ma i farmacisti che usano l'IA potranno rimpiazzare quelli che non la usano”** – a indicare che la sinergia uomo-macchina, e non la competizione, sarà il paradigma vincente per la farmacia del XXI secolo. Prepariamoci dunque a questa nuova era con entusiasmo ma anche con senso di responsabilità, consapevoli che – per quanto la tecnologia ci aiuti – il cuore pulsante della cura rimane la relazione umana di fiducia e la competenza etica e scientifica del professionista sanitario. Questo rimarrà invariato, oggi come nel futuro ad alta automazione che ci attende.

[Fonti principali utilizzate in questo elaborato:]

- Alma Laboris Business School – *“Intelligenza artificiale in farmacia: applicazioni, vantaggi e sfide”* (2025) ¹¹⁷ ²²
- Quotidiano Sanità – *“Intelligenza Artificiale in farmacia, PGEU: servono norme chiare”* (2025) ²⁶ ²⁷
- iFarma – *“AI in farmacia, la FIP detta le regole: supporto, non sostituzione”* (2025) ¹⁹ ⁷⁷
- SIFAC – *“Riconciliazione dei farmaci e IA”* (2026) ⁷⁴ ⁷⁵
- Farmacista33 – *“Farmaci galenici con stampa 3D a Padova”* (2026) ⁸³ ⁸⁵
- Consalvo Servizi – *“Intelligenza artificiale e farmacia: una sinergia che semplifica il lavoro”* (2025) ⁵⁹ ⁶¹
- Effe90 – *“Come l'IA può trasformare il futuro delle farmacie”* (2023) ⁶² ⁶⁶
- Agenda Digitale – *“AI Act e Legge 132/2025: IA in sanità e dati clinici”* (2026) ¹⁰² ⁹⁶
- Lupi & Associati – *“Intelligenza Artificiale in sanità: profili privacy”* (2023) ¹⁷ ¹³
- Il Farmacista Online (FOFI) – *“IA: diagnosi più precoci e personalizzazione cure, ma rischi su privacy”* (2025) ⁵⁰ ¹²

¹¹⁷ ¹⁹ ⁷⁵ ⁸⁵ ⁶¹ ²⁶ ¹³ ¹¹⁰ ⁹¹

¹ ³ **Intelligenza Artificiale: che cos'è e come funziona** | SAS Italy

https://www.sas.com/it_it/insights/analytics/what-is-artificial-intelligence.html

² ⁴ ⁵ ⁶ ⁷ **Intelligenza artificiale** - Wikipedia

https://it.wikipedia.org/wiki/Intelligenza_artificiale

⁸ ⁹ **Allucinazione (intelligenza artificiale)** - Wikipedia

[https://it.wikipedia.org/wiki/Allucinazione_\(intelligenza_artificiale\)](https://it.wikipedia.org/wiki/Allucinazione_(intelligenza_artificiale))

¹⁰ ²⁸ ²⁹ ³⁰ ³¹ ³⁴ ³⁵ **ChatGPT** - Wikipedia

<https://it.wikipedia.org/wiki/ChatGPT>

- 11 **AI bias: come i pregiudizi influenzano l'intelligenza artificiale**
<https://www.agendadigitale.eu/cultura-digitale/ai-bias-come-i-pregiudizi-influenzano-lintelligenza-artificiale/>
- 12 25 50 **Il Farmacista Online: Intelligenza artificiale. Sifo: "Diagnosi più precoci e personalizzazione cure, ma rischi su privacy e sicurezza dati"**
https://www.ilfarmacistaonline.it/lavoro-e-professioni/articolo.php?articolo_id=133199
- 13 16 17 18 93 94 107 108 109 110 111 112 113 114 **Intelligenza Artificiale nella sanità: profili privacy. - Lupi & Associati**
<https://lupieassociati.com/intelligenza-artificiale-nella-sanita-profilo-privacy/>
- 14 15 19 20 21 57 58 77 78 **AI in farmacia, la Fip detta le regole: "Supporto, non sostituzione" - iFarma**
<https://www.ifarma.net/ai-in-farmacia-la-fip-detta-le-regole-supporto-non-sostituzione/>
- 22 23 54 55 89 90 117 **Alma Laboris Business School - Intelligenza artificiale in farmacia: applicazioni, vantaggi e sfide nella trasformazione del settore**
<https://www.almalaboris.com/organismo/blog-lavoro-alma-laboris/63-industria-farmaceutica/6810-intelligenza-artificiale-in-farmacia-applicazioni-vantaggi-e-sfide-nella-trasformazione-del-settore.html>
- 24 26 27 56 72 73 91 92 115 **Intelligenza Artificiale in farmacia. PGEU detta le regole per un uso responsabile nelle farmacie di comunità: "Servono norme chiare"**
<https://www.quotidianosanita.it/studi-e-analisi/intelligenza-artificiale-in-farmacia-pgeu-detta-le-regole-per-un-uso-responsabile-nelle-farmacie-di-comunit-servono-norme-chiare/>
- 32 33 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 **Presentazione dell'agente ChatGPT: un ponte tra ricerca e azione | OpenAI**
<https://openai.com/it-IT/index/introducing-chatgpt-agent/>
- 36 **5 segnali che ChatGPT sta avendo un'allucinazione - TechRadar**
<https://global.techradar.com/it-it/ai-platforms-assistants/5-segnali-che-chatgpt-sta-avendo-unallucinazione>
- 51 52 53 **sifoweb.it**
https://www.sifoweb.it/images/congressi-nazionali/2025/02_Intelligenza_Artificiale_applicata_alla_galenica.pdf
- 59 60 61 **Intelligenza artificiale e farmacia: una sinergia che semplifica il lavoro - Consalvo Servizi**
<https://consalvoservizi.it/intelligenza-artificiale-e-farmacia-una-sinergia-che-semplifica-il-lavoro/>
- 62 63 65 66 67 68 69 70 **Come l'Intelligenza Artificiale può cambiare il futuro delle farmacie**
<https://www.effe90.it/blogfarmacie/come-lintelligenza-artificiale-puo-trasformare-il-futuro-delle-farmacie/>
- 64 **Il riordino con l'intelligenza artificiale in farmacia: il caso GAIA - S2E**
<https://business.solutions2enterprises.com/it/blog/il-riordino-con-lintelligenza-artificiale-in-farmacia-il-caso-gaia>
- 71 **STRATEGA, l'intelligenza artificiale che potenzia i robot in farmacia**
<https://www.pharmathek.com/algoritmo-stratega/>
- 74 75 76 **Riconciliazione dei farmaci e IA - Sifac**
<https://sifac.it/riconciliazione-dei-farmaci-e-ia/>
- 79 **Intelligenza artificiale: premiato prototipo di dispenser di farmaci per ...**
<https://www.farmacista33.it/aggiornamento-professionale/28806/intelligenza-artificiale-premiato-prototipo-di-dispenser-di-farmaci-per-anziani-e-disabili.html>
- 80 81 **IA in Farmacia, opportunità e sfide da affrontare - GPP**
<https://www.gppitaly.it/ia-in-farmacia-opportunita-e-sfide-da-affrontare/>
- 82 **Intelligenza artificiale al servizio della farmacovigilanza - Farmacista33**
<https://www.farmacista33.it/aggiornamento-professionale/32037/intelligenza-artificiale-al-servizio-della-farmacovigilanza-migliora-rilevazione-di-effetti-avversi.html>

83 84 85 86 87 88 **Farmaci galenici con stampa 3D, a Padova allestiti compresse, film, supposte, liquidi | Farmacista33**

<https://www.farmacista33.it/aggiornamento-professionale/32471/farmaci-galenici-con-stampa-3d-a-padova-allestiti-compresse-film-supposte-liquidi.html>

95 **Intelligenza Artificiale (AI) in Sanità - Cervato Law & Business | Padova**

<https://www.cervato.it/post/intelligenza-artificiale-ai-in-sanit%C3%A0>

96 97 98 99 100 101 102 103 104 105 106 **AI Act e Legge 132/2025: regole per l'IA in sanità e gestione dei dati**

<https://www.agendadigitale.eu/sanita/ai-act-e-legge-132-2025-cosa-cambia-per-lia-in-sanita-e-per-i-dati-clinici/>

116 **L'intelligenza artificiale è un potere positivo, ma va controllato - iFarma**

<https://www.ifarma.net/intelligenza-artificiale-e-un-potere-positivo-ma-va-controllato/>