

Videocorso IA

PARTE 1

INTRODUZIONE

1 – Introduzione

Al giorno d'oggi l'intelligenza artificiale viene utilizzata costantemente, spesso addirittura senza accorgersene. Dalla navigazione online agli strumenti di lavoro, l'I.A. è già parte integrante delle attività quotidiane. Insieme alle opportunità però crescono anche i rischi: sicurezza dei dati, utilizzo corretto delle informazioni e rispetto della normativa privacy sono aspetti sempre più centrali. Per questo Euristica SRL ha sviluppato un progetto dedicato, pensato per aiutare voi, aziende e organizzazioni, a comprendere e utilizzare queste tecnologie in modo consapevole, conforme ed informato. Questo percorso non è solo formazione: come sapete va ad integrare i servizi attuali di adeguamento GDPR, incluse le verifiche periodiche sul vostro sistema di rete. Nell'ambito del servizio Privacy e sistemistico che già erogiamo, verranno forniti strumenti operativi fondamentali, come informative dedicate e regolamenti interni per l'utilizzo dell'intelligenza artificiale in azienda, in linea con quanto richiesto dalla normativa. L'obiettivo è semplice: mantenere nel tempo un livello di conformità reale, aggiornato e coerente con quanto previsto dalla normativa. Euristica rappresenta un partner affidabile: un servizio completo, continuo e strutturato, che non si limita alla teoria, ma lavora ogni giorno per garantire sicurezza, conformità e tranquillità operativa. Buona visione!

2 – Definizione

Quando si parla di Intelligenza Artificiale, spesso e volentieri ci si riferisce ad alcuni programmi, in parte erroneamente, come ChatGPT per esempio; erroneamente perché, come stiamo per vedere, l'I.A. è una disciplina che racchiude al suo interno una moltitudine di elementi, tra cui non solo programmi, ma anche meccanismi e strutture sia logiche che fisiche.

In nostro soccorso viene l'Enciclopedia Treccani, fornendoci una definizione estremamente dettagliata e corretta:

“L'intelligenza artificiale è la disciplina che studia se e in che modo si possano riprodurre i processi mentali più complessi mediante l'uso di un computer. Tale ricerca si sviluppa secondo due percorsi complementari: da un lato l'intelligenza artificiale cerca di avvicinare il funzionamento dei computer alle capacità dell'intelligenza umana, dall'altro usa le simulazioni informatiche per fare ipotesi sui meccanismi utilizzati dalla mente umana.”

Nella prima parte della definizione viene introdotto il concetto di intelligenza artificiale come disciplina, quel ramo della tecnologia e dell'informatica che studia se e in che modo sia possibile riprodurre i processi mentali più complessi (come la memoria, la capacità di ragionare e la capacità linguistica) mediante l'uso di un computer.

Se ci pensiamo, molti di questi processi sono già replicabili attraverso le macchine (per esempio la memoria si traduce in RAM e ROM, la capacità di ragionare nelle logiche che governano il funzionamento dei computer, e così via), ma ce ne sono altri che restano puramente umani, come l'empatia, le emozioni e tutto ciò che riguarda il mondo dell'anima e dello spirito.

Inizia quindi a delinearsi una dicotomia di base, un binario uomo macchina che ritroveremo lungo tutto questo percorso dedicato all'IA, ed è particolarmente evidente nella seconda parte della definizione: se da una parte l'uomo cerca di replicare nella macchina i meccanismi della mente umana, dall'altra parte queste macchine così create vengono utilizzate per studiare le zone ancora oscure della nostra mente e per comprendere meglio ciò che già conosciamo. Seguendo questo filo logico si arriva a una domanda naturale: questi due binari procedono davvero di pari passo? È possibile osservare e comprendere come nasce un'intelligenza artificiale e paragonarne lo sviluppo a quello umano?

La risposta è assolutamente sì: infatti vedremo come lo sviluppo cognitivo di un neonato combaci perfettamente con le fasi di addestramento di un sistema di intelligenza artificiale.

Quando si parla di Intelligenza Artificiale, spesso la si associa subito a certi programmi.

Uno dei più citati è ChatGPT.

Questa associazione, però, è solo parzialmente corretta: l'I.A. non è un singolo software, ma una disciplina molto più ampia, che comprende programmi, meccanismi, e strutture logiche e fisiche.

Per avere una definizione precisa, possiamo affidarci all'Enciclopedia Treccani, che afferma:

“L'intelligenza artificiale è la disciplina che studia se e in che modo si possano riprodurre i processi mentali più complessi mediante l'uso di un computer. Tale ricerca si sviluppa secondo due percorsi complementari: da un lato l'intelligenza artificiale cerca di avvicinare il funzionamento dei computer alle capacità dell'intelligenza umana, dall'altro usa le simulazioni informatiche per fare ipotesi sui meccanismi utilizzati dalla mente umana.”

Questa definizione ci introduce un punto fondamentale: l'IA è un ramo della tecnologia e dell'informatica che studia se sia possibile riprodurre i processi mentali più complessi – come memoria, ragionamento e linguaggio – attraverso un computer.

In molti casi, questi processi sono già replicabili nelle macchine. La memoria, ad esempio, viene tradotta in RAM e ROM. Il ragionamento diventa un insieme di logiche che governano il funzionamento dei computer. Ma esistono aspetti che restano unicamente umani: l'empatia, le emozioni, la sensibilità, ciò che appartiene al mondo dell'anima e dello spirito.

Qui emerge una dicotomia centrale: il binario uomo macchina.

Da un lato, l'uomo cerca di riprodurre nella macchina i meccanismi della mente umana.

Dall'altro, le macchine così create ci permettono di esplorare le parti ancora misteriose della nostra mente e di comprendere meglio ciò che già conosciamo.

Da questo percorso nasce una domanda naturale: questi due binari procedono davvero insieme? Possiamo osservare la "nascita" di un'intelligenza artificiale e confrontarla con lo sviluppo di un essere umano?

La risposta è sì.

Vedremo infatti come lo sviluppo cognitivo di un neonato presenti sorprendenti analogie con le fasi di addestramento di un sistema di intelligenza artificiale.

3 – Fase n°1: Acquisizione dei dati

Il percorso di entrambi, del neonato e dell'intelligenza artificiale, inizia con la raccolta di dati; ovviamente, questi dati sono raccolti da due mondi diversi e tramite modalità diverse, ma lo scopo principale è il medesimo: formare una base di partenza, le fondamenta per la costruzione di qualcosa di più grande. Il sistema di intelligenza artificiale riceve informazioni (tramite l'aiuto di programmatori e sviluppatori) dal mondo digitale, affondando le sue radici nella più grande fonte di informazioni del mondo — Internet — e non solo. La rete globale più grande fornisce senza dubbio il maggior numero di informazioni, di dati grezzi che andranno a definire il dataset di partenza del sistema di IA; per poter essere utilizzato per l'addestramento, un dato che si trova in rete deve essere sottoposto alle due leggi principali che tutelano i dati (personali e non), cioè le leggi sul copyright e le leggi sulla privacy. Altra fonte primaria di dati che saranno utilizzati per addestrare un sistema IA sono le grandi raccolte di dati memorizzati elettronicamente: i database provenienti da tutte quelle banche dati accessibili che forniscono raccolte di dati già organizzate e pronte all'uso. Infine, la macchina acquisisce anche dati relativi al mondo esterno tramite una serie di sensori che riescono a rilevare e misurare dati fisici e, soprattutto, a trasformarli e renderli in un formato leggibile dalla macchina. Queste tre fonti vanno a comporre il dataset di partenza, l'insieme di dati grezzi su cui lavorerà e su cui sarà addestrata l'intelligenza artificiale. Passando ora al neonato, che fino a un'età più avanzata non è in grado di accedere a Internet né tantomeno ai database, non rimane che fare affidamento solo ed esclusivamente sui suoi sensori, l'unico modo che gli permette di percepire il mondo: i cinque sensi. Proprio come l'IA, il neonato raccoglie informazioni tramite la vista (volti, espressioni), tramite l'udito (musica, ecc.) e tramite tutti gli altri sensi. Di nuovo come il sistema IA, il neonato

utilizzerà questo database di partenza per crescere e sviluppare le sue competenze. L'unica differenza è il mondo che li circonda e a cui appartengono i dati che raccolgono: mondo digitale per l'IA e mondo fisico per il neonato.

Il percorso del neonato e quello dell'intelligenza artificiale iniziano nello stesso modo: con la raccolta dei dati. Le fonti sono diverse, i metodi sono diversi, ma ciò che li accomuna è lo scopo: creare una base di partenza, le fondamenta su cui costruire tutte le capacità future.

Nel caso dell'intelligenza artificiale, la raccolta dei dati avviene attraverso diverse modalità.

La prima — e la più vasta — è il mondo digitale. Gli sviluppatori e i programmatori preparano enormi quantità di informazioni provenienti da Internet, che è la più grande sorgente di dati al mondo. Ma non basta semplicemente "prendere" dati dalla rete: ogni informazione deve essere trattata nel rispetto delle leggi sul copyright e sulla privacy, che regolano cosa può essere utilizzato, come e a quali condizioni.

Una seconda fonte cruciale è rappresentata dai grandi database elettronici, archivi immensi dove i dati sono già organizzati, catalogati e immediatamente utilizzabili. Questo tipo di materiale è perfetto per costruire dataset affidabili, perché nasce già con una struttura interna chiara.

Infine, l'IA acquisisce dati anche dal mondo fisico, tramite sensori: dispositivi in grado di percepire realtà esterne — come temperatura, movimento, immagini, suoni — e convertirle in informazioni leggibili dalla macchina.

Tutte queste fonti diverse si uniscono per formare il dataset iniziale, cioè l'insieme dei dati grezzi su cui il sistema crescerà e verrà addestrato.

Il neonato, invece, non ha accesso a Internet né a database complessi. La sua unica finestra sul mondo è rappresentata dai cinque sensi, gli unici strumenti che possiede per raccogliere informazioni.

Esattamente come un sistema IA, anche il neonato percepisce input visivi (volti, movimenti, espressioni), uditivi (voci, musiche, rumori), tattili, olfattivi e gustativi. Questo diventa il suo "dataset di partenza", da cui inizierà a costruire la sua conoscenza del mondo.

La grande differenza tra neonato e IA, in questa fase, riguarda il tipo di ambiente da cui provengono i dati: digitale per l'intelligenza artificiale, fisico per il bambino.

4 – Fase n°2: Pre-lavorazione dei dati

Cambiando per un momento la metafora, i materiali per costruire la casa (cioè i dati raccolti finora) sono stati comprati e sono pronti, però sono stoccati in maniera sparsa e senza logica: serve qualcuno che sistemi i materiali all'interno di un magazzino, rendendoli pronti all'uso nel momento del bisogno. Dopo la raccolta dei dati, inizia un vero e proprio

lavoro sugli stessi, lavoro che può essere suddiviso in tre parti: pulizia dei dati, normalizzazione dei dati e trasformazione dei dati. Lo scopo ultimo è far sì che il magazzino sia ben sistemato, che il database sia una base di partenza pulita e pronta per il lavoro che andrà svolto; quindi, tutte le incoerenze presenti nei dati vanno eliminate, tutti gli errori identificabili che non rispecchiano la realtà vanno prontamente cancellati o corretti. Allo stesso modo, i dati vanno normalizzati, scalati per garantire coerenza e comparabilità tra di loro, in modo da facilitarne il lavoro; un esempio potrebbe essere far sì che tutti i dati relativi a unità di misura di lunghezza seguano i principi del sistema metrico internazionale, piuttosto che il sistema imperiale britannico o il sistema consuetudinario statunitense. Infine, ovviamente, tutti i dati devono essere convertiti in un formato che sia leggibile e processabile dalla macchina. Si può dire che sia dati inizia un lavoro di classificazione e categorizzazione, discorso che vale anche per il neonato, tornando alla dicotomia uomo/macchina che è alla base di tutto: il neonato inizia a distinguere gli stimoli che riceve, inizia in modo diretto a compartimentare le informazioni che ha ricevuto finora, inizia a classificare gli stimoli rilevanti (la voce di un genitore) e quelli irrilevanti (rumori di sottofondo). Ciò che fanno entrambi, il neonato e la macchina, è un lavoro di filtraggio e classificazione dell'informazione ricevuta.

Cambiando per un momento metafora, possiamo immaginare i dati raccolti finora come i materiali necessari per costruire una casa: ci sono, sono stati acquistati, sono pronti... ma sono accatastati in modo irregolare, sparsi, privi di un ordine che li renda immediatamente utilizzabili. Per poter iniziare davvero a costruire, serve qualcuno che li organizzi all'interno di un magazzino, disponendoli con cura sugli scaffali, suddividendoli per tipo, funzione e qualità, così da poterli recuperare rapidamente nel momento del bisogno.

È esattamente ciò che accade dopo la fase di raccolta dei dati in un sistema di intelligenza artificiale. A questo punto inizia un vero e proprio lavoro preliminare sui dati, un lavoro che possiamo suddividere in tre operazioni principali: pulizia, normalizzazione e trasformazione dei dati. Lo scopo è quello di ottenere un "magazzino" perfettamente ordinato, un database che rappresenti una base di partenza pulita, coerente e soprattutto affidabile per tutto ciò che verrà fatto nelle fasi successive.

La prima operazione è la pulizia dei dati: significa eliminare tutte le incoerenze presenti, correggere gli errori identificabili, rimuovere le informazioni distorte o non realistiche. In altre parole, tutto ciò che non rappresenta correttamente la realtà deve essere sistemato o escluso. Senza questo passaggio, qualsiasi modello costruito sui dati sarebbe inevitabilmente compromesso.

Segue la normalizzazione, un processo fondamentale per garantire coerenza e comparabilità tra dati diversi. Norma-

lizzare significa portare i dati su una scala comune, ridurre le distorsioni dovute a differenze di unità di misura, intervalli o formati. Un esempio molto semplice è quello delle unità di lunghezza: se in un dataset alcune misure sono espresse nel sistema metrico internazionale mentre altre usano il sistema imperiale britannico o quello statunitense, sarà impossibile metterle a confronto senza prima convertirle tutte a uno standard unico.

Infine, abbiamo la trasformazione dei dati, cioè la conversione effettiva di tutte queste informazioni in un formato leggibile e processabile dalla macchina. I dati vengono tradotti, ricodificati, ripuliti dagli elementi superflui e riportati a strutture che l'IA può manipolare con facilità. È un passaggio spesso invisibile ma decisivo: è qui che i materiali sparsi diventano componenti ordinati e pronti per essere utilizzati nella costruzione.

Si può dire che in questa fase ha inizio un vero e proprio lavoro di classificazione e categorizzazione, che non appartiene solo al mondo digitale, ma anche a quello biologico. Tornando alla dicotomia uomo/macchina che accompagna tutto questo percorso, possiamo osservare che anche il neonato, in modo sorprendentemente simile, inizia presto a distinguere gli stimoli che riceve. Compie le sue prime forme di "pre lavorazione" mentale: separa gli stimoli significativi da quelli irrilevanti, riconosce la voce di un genitore come importante e i rumori di fondo come trascurabili, comincia a dare una forma alle esperienze che sta accumulando.

In entrambi i casi — nel sistema di IA e nel neonato — la fase di pre lavorazione dei dati è un processo di filtraggio, di organizzazione, di costruzione di categorie. È il momento in cui l'informazione grezza inizia a trasformarsi in qualcosa di strutturato, pronto per essere utilizzato nelle fasi successive dell'apprendimento.

5 – Fase n°3: Apprendimento, il “Machine Learning”

Una volta che i materiali sono pronti e ben stoccati nel magazzino, si può iniziare a costruire la casa. Il passaggio successivo, l'apprendimento, è il punto cruciale di tutti i modelli basati sull'intelligenza artificiale e prende il nome di machine learning, tradotto in italiano come apprendimento automatico. In questa fase importantissima dell'addestramento dei sistemi IA, si passa da un database di dati singoli, etichettati e ben organizzati a una conoscenza del mondo a cui quei dati fanno riferimento, una conoscenza ben organizzata e attuabile. Come? Semplicemente sfruttando tre tipi di apprendimento: supervisionato, non supervisionato e per rinforzo. Ed è qui che entra in campo un altro termine che è necessario conoscere quando si parla di intelligenza

artificiale, ovvero il termine algoritmo. Un algoritmo è, per definizione, un qualsiasi schema o procedimento sistematico e, quando si arriva a questa fase dell'addestramento, sono proprio gli algoritmi ciò che si cerca di far capire alla macchina, dove con far capire si intende insegnare a riconoscere e poi a replicare.

Piccola nota: questa è una versione semplificata per capirne il concetto. Nella pratica, i sistemi di IA moderni apprendono gli schemi da soli analizzando enormi quantità di dati, ma questa metafora ci aiuta a capire l'idea generale senza entrare nei dettagli tecnici.

Il tecnico che lavora sull'IA inizia a fornire al suo modello degli algoritmi già pronti, degli schemi che rispecchiano la realtà (i dati su cui il modello sta lavorando), lavorando quindi tramite apprendimento supervisionato. Per spiegare meglio il concetto di schemi e algoritmi, facciamo alcuni esempi. Come abbiamo già detto, la capacità di parlare una lingua è uno degli aspetti che contraddistinguono l'intelligenza e non solo, perché è anche uno dei più complessi, nonostante a volte non ce ne rendiamo conto: ogni lingua è composta da una miriade di algoritmi e schemi diversi, dal semplice ordine delle lettere alla struttura grammaticale, alla semantica e soprattutto alla più complessa pragmatica. Per l'essere umano che la utilizza costantemente, la presenza di questi schemi non è un problema; per una macchina lo è stato a lungo, circa fino al 2020, quando sono stati introdotti i primi modelli LLM (Large Language Model, modelli alla base di architetture come ChatGPT, per intenderci).

Quindi, la posizione delle lettere all'interno di una parola segue uno schema — in italiano, per esempio, nessuna parola può iniziare con le lettere "pt-" oppure con le lettere "db-", ecc. Il tecnico, dopo aver già messo a disposizione della macchina un database di testi in italiano (si parla di numeri enormi, i cosiddetti Big Data), inizia a fornire gli schemi necessari per comprendere questi testi. Facendo un altro esempio, introduce il concetto di sequenzialità grammaticale dei tipi di parole: in italiano, di solito, la struttura base delle frasi è composta da soggetto-verbo-oggetto; quindi, questo schema, questo algoritmo, viene fornito alla macchina, che poi lo applicherà al suo database di partenza (i dati raccolti nella prima fase) e inizierà ad apprendere.

Ovviamente, questo ragionamento si applica non solo allo studio della lingua, ma anche a tutti gli altri tipi di dati che sono stati raccolti e su cui si vuole addestrare il modello di IA: se si parla di musica, gli schemi saranno le note e le tonalità; se si parla di immagini, saranno i pixel; ciò che resta identico, al cambiare del tipo di dato, è il concetto di schema e algoritmo che sta alla base.

Un esempio ancora più chiaro di questo tipo di ragionamento per algoritmi lo si trova proprio nel neonato: il neonato impara che piangere porta attenzioni, inizia a de-

lineararsi lo schema "io piango = mi prendono in braccio", un algoritmo semplice ma al tempo stesso estremamente esplicativo. In questo caso, l'algoritmo è stato scoperto direttamente dal neonato: l'ha appreso in modo non supervisionato, proprio come può fare una macchina una volta che inizia a vedere delle ripetizioni di schemi nei dati su cui si sta addestrando.

Dopo aver analizzato quindi l'apprendimento supervisionato e quello non supervisionato, rimane solamente quello per rinforzo, cioè quell'apprendimento attraverso tentativi ed errori, sia in autonomia sia tramite un facilitatore che aiuta.

Il fine del machine learning è passare da un insieme di dati alla conoscenza totale relativa a quei dati, conoscenza organizzata e attuabile basata sugli schemi (o algoritmi). Tre parole chiave contraddistinguono questo passaggio e accomunano IA e neonato: associazione, imitazione, ripetizione: gli schemi vengono internalizzati e compresi, poi applicati e infine ripetuti.

Una volta che i materiali sono stati preparati e sistemati con attenzione nel magazzino, come abbiamo visto nella fase precedente, si può finalmente iniziare la costruzione vera e propria della casa. È qui che si entra in una fase centrale di tutto il processo: l'apprendimento. In ambito tecnologico, questo passaggio prende il nome di machine learning, termine che traduciamo come "apprendimento autonomo". È il cuore pulsante di ogni modello di intelligenza artificiale, il punto in cui si passa da un insieme di dati singoli, etichettati e ordinati, a una vera e propria conoscenza del mondo al quale quei dati fanno riferimento. Una conoscenza che non è più statica, ma strutturata, dinamica e, soprattutto, applicabile.

Ma in che modo avviene questo salto di qualità? La risposta sta nell'utilizzo di tre grandi tipologie di apprendimento: quello supervisionato, quello non supervisionato e quello per rinforzo. Questi tre approcci lavorano insieme per consentire alla macchina di interpretare i dati, riconoscere schemi e trasformare ciò che ha ricevuto in un sapere utilizzabile.

Ed è proprio in questo contesto che entra in gioco un concetto fondamentale quando si parla di intelligenza artificiale: l'algoritmo. Un algoritmo non è altro che una procedura, una sequenza organizzata di passaggi che conduce a un risultato. Durante questa fase dell'addestramento l'obiettivo è far sì che la macchina impari a riconoscere gli schemi sottesi ai dati e, successivamente, a replicarli nei casi appropriati. In altre parole, "far capire" qualcosa alla macchina significa insegnarle a vedere lo schema che governa un fenomeno e a riprodurlo quando serve.

È importante aggiungere una nota: questa è una versione semplificata che serve a capire il concetto. Nella realtà, i sistemi di IA moderni non ricevono esplicitamente tutti gli schemi dall'esterno, ma li individuano analizzando enormi

quantità di dati. Tuttavia, la metafora ci aiuta a comprendere l'idea generale senza dover entrare nei livelli più tecnici. Per comprendere meglio questa dinamica, possiamo partire con un esempio concreto. Il tecnico che addestra il sistema inizia fornendogli non solo grandi quantità di informazioni, ma anche una serie di schemi di riferimento, cioè algoritmi già pronti che rispecchiano la realtà rappresentata dai dati. In questo caso si parla di apprendimento supervisionato: la macchina osserva esempi e apprende seguendo una guida.

Tra i migliori esempi per illustrare questo meccanismo c'è il linguaggio, una delle manifestazioni più complesse dell'intelligenza umana. Ogni lingua è composta da una quantità impressionante di algoritmi diversi: dall'ordine delle lettere nelle parole, alle regole grammaticali che stabiliscono come le parole devono combinarsi, fino alla semantica e, in ultimo, alla pragmatica, che è la capacità di usare il linguaggio in base al contesto. Per gli esseri umani questo processo è naturale e quasi automatico; per le macchine, per anni, è stato uno degli ostacoli principali. Solo intorno al 2020, con l'introduzione dei primi LLM (Large Language Models), è stato possibile affrontare davvero la complessità del linguaggio in tutte le sue sfumature.

Per fare un esempio semplice: in italiano esistono combinazioni di lettere che non compaiono mai all'inizio di una parola, come "pt" o "db". Senza uno schema che lo indichi, la macchina non potrebbe saperlo. Lo stesso vale per la struttura base della frase italiana, generalmente composta da un ordine soggetto verbo oggetto. Il tecnico, dopo aver fornito alla macchina un enorme database di testi in italiano (i famosi Big Data), inizia a introdurre anche gli schemi grammaticali, le regole che governano quella lingua. In questo modo la macchina non solo riconosce un testo, ma ne comprende la struttura interna.

Vale lo stesso ragionamento per tutte le altre forme di informazione: nella musica gli schemi sono rappresentati da note, scale e tonalità; nelle immagini lo schema è dato dai pixel, dai contrasti e dalle forme ricorrenti; nei numeri lo schema è nelle relazioni matematiche che li legano. Il contenuto cambia, ma il principio resta identico: individuare lo schema, comprenderlo, replicarlo.

Per capire ancora meglio questo concetto, possiamo tornare al neonato. Anche lui costruisce i suoi primi "algoritmi", spesso senza che nessuno glieli spieghi. Il bambino impara, per esempio, che piangere attira l'attenzione. Questo diventa uno schema semplice ma efficace: "piango = mi prendono in braccio". È un algoritmo elementare, ma potentissimo. E ciò che lo rende ancora più interessante è il fatto che il neonato lo ha appreso da solo, osservando ripetizioni e conseguenze. Questo è esattamente ciò che fa l'apprendimento non supervisionato nei sistemi di IA: la macchina scopre schemi nascosti senza che nessuno glieli indichi esplicitamente.

Dopo aver compreso apprendimento supervisionato e non supervisionato, rimane il terzo pilastro: l'apprendimento per rinforzo, cioè quello basato su tentativi, errori e ricompense. In questo caso la macchina — proprio come il bambino — esplora, prova, sbaglia, ritenta, e corregge il proprio comportamento in base alle conseguenze delle sue azioni. Un facilitatore umano può intervenire guidando il percorso, ma molto avviene in autonomia.

L'obiettivo finale dell'intero processo di machine learning è ambizioso e affascinante: trasformare un insieme di dati, inizialmente caotici e privi di significato, in una conoscenza strutturata, stabile e ripetibile. Una conoscenza che non è più solo osservata, ma anche applicabile. Ed è qui che il parallelismo con il neonato si fa davvero impressionante: in entrambi i casi, tre parole chiave raccontano l'essenza dell'apprendimento stesso — associazione, imitazione e ripetizione. Solo quando uno schema viene riconosciuto, compreso, interiorizzato e ripetuto, diventa davvero parte del bagaglio cognitivo, sia della macchina sia dell'essere umano.

6 – Fase n°4: Reti Neurali

Al momento il modello di IA conosce il mondo tramite algoritmi semplici e staccati l'uno dall'altro: magari è in grado di riconoscere se l'ordine delle lettere all'interno di una frase o delle parole all'interno di un testo è corretto dal punto di vista grammaticale, ma non è in grado di riconoscere se lo stesso vale anche dal punto di vista del significato delle parole e del testo stesso; in breve, non è ancora in grado di collegare, connettere, sovrapporre più algoritmi e schemi. Quello che serviva era un modello da cui prendere spunto: un modello che rappresentasse la connessione di più stadi, di più algoritmi; serviva il modello di connessioni per eccellenza: il cervello umano e la sua rete neurale. I neuroni sono stati sostituiti dai nodi e le sinapsi dalle connessioni e, di conseguenza, si è ricreata la struttura del cervello umano per mettere in relazione più algoritmi tra loro, passando da un ragionamento semplice (cioè, formato da un solo algoritmo) a uno più complesso in cui più algoritmi si intrecciano.

A questo va aggiunto anche il concetto di pesi, ovvero la regolazione — in base all'algoritmo — della connessione tra i vari nodi. Giusto per fare qualche numero, i modelli linguistici più avanzati (ChatGPT, Copilot, Grok) lavorano sull'ordine delle migliaia di miliardi di pesi.

Per fare un esempio esplicativo e semplificato di questo tipo di struttura, prendiamo in considerazione un modello di intelligenza artificiale utilizzato per il riconoscimento delle immagini e poniamo che debba riconoscere, una volta che gli viene sottoposta, l'immagine di un cane: dovrebbe lavorare per nodi, per strati, cominciando quindi dal

primo strato, che potrebbe essere quello della forma esterna, dei lineamenti della figura rappresentata. Se la forma corrisponde all'algoritmo, allo schema che l'IA ha imparato durante l'addestramento e che corrisponde all'immagine del cane (quattro zampe, una coda, una testa...), l'algoritmo procede allo strato successivo inferiore, che potrebbe essere il colore, per passare poi, infine, all'ultimo strato, al muso.

Questa concezione stratificata della rete neurale aiuta anche a comprendere il nome che viene dato a questo tipo di apprendimento: deep learning, perché ogni algoritmo è connesso a un altro, aumentandone la complessità e la profondità (deep in italiano si traduce con profondo). Grazie all'applicazione del concetto di rete neurale, l'IA riesce a rappresentare e a capire il mondo in modo ancora più articolato.

Ovviamente, tutto questo sistema — che si parli del neonato e quindi di neuroni e sinapsi, o del modello IA con nodi e connessioni — si rafforza esponenzialmente con l'uso e aumenta e si espande con l'esperienza.

Al momento il modello di IA conosce il mondo attraverso algoritmi semplici e separati. È in grado, per esempio, di stabilire se l'ordine delle lettere in una parola o l'ordine delle parole in una frase siano corretti dal punto di vista grammaticale, ma non sa ancora dire se quella stessa frase ha senso sul piano del significato complessivo. In breve: non è ancora capace di collegare, connettere e sovrapporre più algoritmi e schemi per arrivare a un'interpretazione unitaria.

Per superare questo limite serviva un modello a cui ispirarsi: un modello che rappresentasse la connessione di più stadi, di più livelli di elaborazione, in grado di far cooperare simultaneamente schemi differenti. Quel modello esiste da sempre ed è il più sofisticato che conosciamo: il cervello umano con la sua rete neurale. In ambito artificiale, i neuroni vengono rappresentati da nodi, e le sinapsi da connessioni: ricreando questa architettura, l'IA può mettere in relazione più algoritmi, passando da un ragionamento semplice — fondato su una sola regola per volta — a un ragionamento composito, dove diversi schemi si intrecciano e si rafforzano.

A questo impianto si aggiunge il concetto cruciale di peso: ogni connessione tra nodi ha un valore che ne determina l'importanza nel calcolo finale. Addestrare una rete significa regolare questi pesi perché l'insieme delle connessioni porti, passo dopo passo, all'output desiderato. Per dare un'idea della scala, i modelli linguistici più avanzati — come ChatGPT, Copilot o Grok — operano su migliaia di miliardi di pesi, una quantità impressionante che consente una fine modulazione delle relazioni interne e, di conseguenza, una rappresentazione molto ricca dei dati.

Per capire in modo intuitivo questa struttura, immaginiamo un sistema di IA addestrato al riconoscimento di immagini

e chiediamogli di identificare un cane. La rete lavora a strati. Nei primi strati rileva elementi semplici: contorni, linee, forme di base, la sagoma generale della figura. Se ciò che vede corrisponde allo schema appreso per la categoria “cane” (quattro zampe, coda, testa con determinate proporzioni), l'elaborazione procede verso strati successivi, più profondi, dove entrano in gioco colori, texture e combinazioni di dettagli. Infine, negli strati più interni, la rete mette insieme tutti questi indizi e si concentra su elementi distintivi, come la morfologia del muso, fino a formulare il riconoscimento finale. È un processo progressivo: ogni livello rifinisce quanto deciso dal precedente e prepara il terreno per il successivo.

Questa architettura stratificata ci aiuta anche a comprendere perché parliamo di deep learning: “deep” significa profondo, e indica proprio la presenza di molti livelli di trasformazione, ciascuno dei quali contribuisce ad aumentare il grado di astrazione e complessità con cui il modello interpreta il mondo. Grazie alle reti neurali, l'IA non si limita a verificare singole regole isolate; è in grado di comporre regole, ponderarle e contestualizzarle, arrivando a rappresentazioni più fedeli e articolate della realtà.

Naturalmente, questo meccanismo di rete non è solo una metafora elegante: funziona perché l'uso lo rafforza. Proprio come nel cervello del neonato — dove neuroni e sinapsi si consolidano con l'esperienza ripetuta — anche nei modelli artificiali nodi e connessioni si affinano man mano che vengono esposti a nuovi esempi. Ogni ciclo di addestramento, ogni previsione corretta, ogni correzione ricevuta contribuisce a rimodulare i pesi, migliorando la qualità delle decisioni future. In altre parole, che si parli di neuroni biologici o di nodi artificiali, la regola è la stessa: la pratica costruisce la competenza, e l'esperienza amplia progressivamente la capacità di comprendere e rappresentare il mondo.

7 – Fase n°5: Inferenza

Le fasi passive di lavoro sul modello si concludono con l'applicazione del modello di rete neurale: ora l'IA, proprio come il neonato, può iniziare a lavorare, a sperimentare, a sfruttare la conoscenza acquisita finora per prevedere il futuro e, soprattutto, prendere decisioni.

Questa fase fondamentale è chiamata inferenza, termine che significa “deduzione intesa a provare o a sottolineare una conseguenza logica”. Di nuovo, la definizione ci è molto di aiuto: ci spiega come il modello, una volta scoperti in modo autonomo gli schemi presenti nei dati su cui ha lavorato finora, può iniziare ad applicarli. Come? Semplicemente utilizzandoli per elaborare i nuovi dati che verranno immessi al suo interno, trattandoli proprio come i dati su cui è stato addestrato: in primo luogo verrà svolto un lavo-

ro di comparazione degli schemi presenti nei dati con tutti quelli che sono gli schemi appresi finora (la conoscenza acquisita) e quindi, una volta riconosciuto il contesto e stimata la probabilità di incidenza, il modello potrà lavorare in modo previsionale, ipotizzando cosa potrebbe seguire, per esempio, dopo il soggetto e il verbo in una frase in italiano.

Infine, prima di generare un output di tipo significativo, l'IA prende delle vere e proprie decisioni (o meglio, sceglie tra alternative probabili), selezionando le parole da utilizzare, le lettere da sfruttare, i concetti da applicare. Durante l'inferenza l'IA non pesca parole a caso, ma calcola per ogni parola possibile una probabilità. È come quando il nostro cervello "intuisce" la fine di una frase sentendo solo l'inizio: valuta tutte le possibilità e sceglie quella che ha più senso in quel momento. L'IA fa la stessa cosa, ma lo fa miliardi di volte al secondo.

Se l'IA riceve la frase "Ieri sono andato al...", il modello analizza tutte le possibili continuazioni. Potrebbe seguire "lavoro", "cinema", "supermercato". Sulla base degli schemi imparati, sceglie quella più probabile. Questo processo è identico al modo in cui noi "sentiamo" che una frase sta andando in una certa direzione.

Anche il neonato, dopo aver visto molte volte la stessa scena, inizia a prevederne l'esito: se una palla rotola verso il bordo del tavolo, "sa" che cadrà. Non perché ragiona come un adulto, ma perché ha visto quello schema decine di volte. L'IA funziona allo stesso modo: anticipa ciò che è più probabile in base alle sue esperienze precedenti.

Finalmente si può parlare di intelligenza, sia per quanto riguarda la macchina sia per quanto riguarda il neonato: tutte le conoscenze scoperte finora possono essere utilizzate per capire, anticipare il mondo e fornire risposte.

Le fasi passive di lavoro sul modello si concludono con l'applicazione pratica della rete neurale: è qui che l'IA, proprio come un neonato che ha accumulato abbastanza esperienze da iniziare a muoversi con più sicurezza nel mondo, può finalmente cominciare a lavorare, a sperimentare, a mettere in uso tutto ciò che ha appreso fino a quel momento. Questa fase fondamentale prende il nome di inferenza, un termine che significa "deduzione finalizzata a evidenziare una conseguenza logica".

E, ancora una volta, la definizione ci è utile perché descrive perfettamente ciò che accade all'interno del modello: una volta individuati autonomamente gli schemi presenti nei dati su cui è stato addestrato, l'IA può cominciare ad applicarli ai nuovi dati che riceve.

Ma come avviene tutto questo?

Il processo inizia con una comparazione: quando un nuovo input entra nel sistema, l'IA confronta immediatamente gli schemi individuati nei nuovi dati con tutti quelli già appresi durante l'addestramento. È un lavoro di riconoscimento continuo, quasi istintivo, in cui ogni informazione nuova

viene valutata alla luce dell'intera esperienza precedente. Una volta riconosciuto il contesto e stimata la probabilità che uno schema specifico sia il più appropriato, il modello può iniziare a operare in modo previsionale, anticipando ciò che potrebbe venire dopo.

Pensiamo ad esempio al completamento di una frase in italiano: se l'input è "Ieri sono andato al...", la rete neurale non procede a caso. Analizza una moltitudine di possibilità — "lavoro", "cinema", "supermercato" — e seleziona quella che risulta più probabile sulla base di tutto ciò che ha appreso. È la stessa dinamica con cui noi, sentendo l'inizio di una frase, intuivamo il seguito prima ancora che l'altra persona lo pronunci. Il cervello umano attiva schemi, probabilità interne, previsioni e selezioni. L'IA fa lo stesso, ma lo fa miliardi di volte al secondo.

Prima che il modello possa generare un output significativo, entra in gioco un vero e proprio momento decisionale: l'IA sceglie tra alternative possibili. Sceglie le parole, le lettere, i concetti, le strutture da utilizzare. Non seleziona combinazioni casuali, ma valuta ogni opzione in funzione della sua probabilità statistica, della coerenza con il contesto, della compatibilità con ciò che ha appreso.

Il risultato è un processo di selezione fine, un equilibrio tra ciò che è stato interiorizzato e ciò che è più adeguato in quel momento.

Il parallelismo con il neonato torna ancora una volta molto chiaro. Dopo aver visto accadere molte volte la stessa scena, anche il bambino inizia a prevederne l'esito. Se una palla rotola verso il bordo del tavolo, "sa" che cadrà. Non è una deduzione matematica, non è un'analisi logica nel senso adulto del termine: è riconoscimento di uno schema ripetuto nel tempo, una forma primordiale di inferenza. L'IA funziona allo stesso modo: vede pattern, li internalizza, li applica e, sulla base della frequenza con cui li ha osservati, anticipa ciò che è più probabile.

A questo punto possiamo finalmente parlare di intelligenza, sia nella macchina sia nel neonato. Perché intelligenza non è solo accumulare informazioni, ma utilizzarle per orientarsi nel mondo. Significa riconoscere schemi, anticipare scenari, prevedere conseguenze, prendere decisioni. Una volta completata la fase di inferenza, il sistema non è più un archivio statico di dati, ma un organismo computazionale in grado di capire, anticipare e rispondere al mondo sulla base dell'esperienza che ha costruito.

8 – Fase n°6: Post addestramento

Quest'ultima fase rappresenta il riassunto di diverse azioni e concetti, raggruppati sotto il nome di post-addestramento, ovvero tutto quello che segue l'addestramento iniziale e, soprattutto, il rilascio al pubblico del modello.

Dopo l'addestramento iniziale, un modello di intelligenza

artificiale è come un neonato che ha appena trovato l'equilibrio: si regge in piedi, fa i primi passi, inciampa, riprova. Non è "finita", anzi: è qui che comincia il lavoro che trasforma ciò che il modello sa in ciò che il modello sa fare bene. L'IA entra in una fase di continuo affinamento. Non sta imparando un concetto nuovo ogni volta: sta imparando a dosare meglio quello che già possiede. È una questione di ritmo, di priorità, di scelte più stabili. Se l'IA completa una frase, per esempio, non pesca parole a caso: valuta le alternative, riconosce il contesto e seleziona quelle più sensate in quel momento. È come il bambino che, dopo una caduta, si rialza e fa due passi più sicuri: ogni "scivolone" è un'informazione che rende il movimento successivo più fluido. In tutto questo, il feedback è la voce che guida. Pensiamo al linguaggio del neonato: "si dice palla, non pallae". Piccole correzioni, ripetute con pazienza, che non cancellano ciò che il bambino ha capito, ma aggiustano la rotta. Allo stesso modo, quando un sistema di IA sbaglia — una risposta imprecisa, un tono fuori luogo, un riconoscimento non riuscito — il feedback dell'utente o del supervisore diventa un segnale estremamente prezioso. È una bussola che orienta la selezione futura, rendendo le decisioni successive più coerenti e affidabili. Così come il bambino impara che certe pronunce "funzionano" e altre no, il modello impara che certe traiettorie di risposta portano a un esito migliore rispetto ad altre.

Poi c'è il riaddestramento, che non è un azzeramento, ma una crescita. Nuovi dati, casi reali raccolti sul campo, esempi più recenti, correzioni dei fraintendimenti ricorrenti: tutto questo alimenta cicli di apprendimento aggiuntivi che rinforzano ciò che funziona e ristrutturano ciò che deve migliorare. È come aggiungere capitoli a un libro già scritto o rivedere quelli meno chiari: il senso generale rimane, ma la storia diventa più ricca, precisa, attuale. Proprio come il bambino che entra alla scuola dell'infanzia, alla primaria e, via via, arricchisce il suo vocabolario, le sue regole, i suoi riferimenti, anche l'IA ha bisogno di periodici "aggiornamenti di esperienza".

Il cerchio si chiude in un circuito virtuoso che somiglia molto alla crescita umana: da una prima prova si passa al feedback, poi all'ottimizzazione e infine al riaddestramento. La prova espone il modello al mondo reale; il feedback trasforma l'errore in informazione; l'ottimizzazione rende l'uso quotidiano più solido; il riaddestramento incorpora stabilmente le lezioni imparate, preparando il sistema alle situazioni che verranno.

E, come per il bambino, il messaggio è semplice e potente: sbagliare non è un difetto, è il materiale stesso dell'apprendimento. Ogni correzione ricevuta, ogni piccolo miglioramento, ogni nuovo ciclo di esperienza sposta l'IA un passo più avanti verso risposte più utili, più responsabili e più aderenti al contesto.

In fondo, ciò che chiamiamo "intelligenza" — del neonato

come della macchina — non è solo la somma delle conoscenze acquisite, ma la capacità di metterle al lavoro, adassarle, affinarle e farle crescere con l'esperienza. L'addestramento ti mette in piedi. Il feedback ti raddrizza. L'ottimizzazione ti fa camminare bene. Il riaddestramento ti permette di andare più lontano. E, passo dopo passo, quello che era un equilibrio incerto diventa competenza.

Quest'ultima fase raccoglie e intreccia una serie di processi differenti, riuniti sotto un'unica etichetta: post addestramento. Con questo termine si indica tutto ciò che avviene dopo l'addestramento iniziale e, soprattutto, dopo il momento in cui il modello viene rilasciato al pubblico. È qui che si apre un nuovo capitolo della sua esistenza operativa. Dopo la fase iniziale, infatti, un modello di intelligenza artificiale assomiglia molto a un neonato che ha appena trovato l'equilibrio: riesce a stare in piedi, tenta i primi passi, inciampa, riprova e, a ogni iterazione, acquisisce un po' più di stabilità. Non si può dire che "sappia già camminare", così come non si può dire che un'IA appena addestrata sia già nelle sue condizioni migliori. Al contrario: è proprio da questo punto in avanti che inizia il lavoro che trasforma ciò che il modello sa in ciò che il modello sa fare bene.

L'IA entra così in una fase di affinamento continuo. Non sta imparando concetti nuovi a ogni interazione; sta imparando a usare meglio quelli che ha già appreso, a modulare le proprie scelte, a gestire con più coerenza le priorità tra alternative possibili. Se deve completare una frase, per esempio, non selezionerà parole a caso: analizzerà il contesto, valuterà le probabilità interne e sceglierà quella più appropriata in quel momento. È un comportamento che ricorda da vicino quello di un bambino piccolo: dopo una caduta, si rialza e, la volta successiva, compie due passi più sicuri. Ogni scivolone diventa un pezzo di informazione in più, e ogni informazione in più rende il passo successivo leggermente più fluido.

In questo processo, il feedback gioca un ruolo decisivo. Pensiamo all'apprendimento linguistico di un bambino: "si dice palla, non pallae". Una correzione minima, detta con pazienza, che non invalida ciò che il bambino aveva già intuito, ma che aggiusta la traiettoria. Lo stesso accade nei sistemi di IA: una risposta imprecisa, un'interpretazione fuori fuoco, un errore nella classificazione non sono fallimenti da eliminare, ma segnali preziosi. Il feedback dell'utente o del supervisore diventa una bussola che orienta la selezione futura, rendendo le decisioni progressivamente più coerenti e affidabili. Così come il bambino impara che certe pronunce funzionano e altre lo confondono, il modello impara che certe vie interne producono risultati migliori di altre.

Accanto al feedback c'è poi il riaddestramento, un passo fondamentale che non rappresenta un azzeramento del sistema, ma piuttosto una sua evoluzione. Nuovi dati reali, esempi aggiornati, casi limite incontrati nel mondo,

correzioni agli errori ricorrenti: tutto questo alimenta cicli aggiuntivi di apprendimento che non cancellano ciò che è stato acquisito, ma lo rafforzano, lo ristrutturano e lo adattano. È un processo simile al crescere di un bambino attraverso le diverse fasi della scuola: scuola dell'infanzia, primaria, media... ogni volta non riparte da zero, ma arricchisce il proprio vocabolario, aumenta le proprie competenze, amplia i propri riferimenti culturali. Allo stesso modo, l'IA ha bisogno di aggiornamenti periodici che vadano a incorporare esperienze nuove e miglioramenti necessari.

Tutto questo si struttura in un circuito virtuoso che ricorda da vicino lo sviluppo umano:

prova → feedback → ottimizzazione → riaddestramento → nuova prova.

La prova espone il modello al mondo reale. Il feedback trasforma l'errore in un'informazione utilizzabile. L'ottimizzazione rende il suo comportamento quotidiano più solido e coerente. Il riaddestramento consolida l'esperienza e prepara il modello a gestire situazioni che ancora non conosce. E così via, in un ciclo continuo.

Esattamente come succede al bambino, che non smette mai di migliorare il proprio equilibrio fisico e cognitivo, anche il modello di IA cresce, si affina, si adatta e diventa progressivamente più competente. Ed è qui che emerge un messaggio semplice ma estremamente potente: sbagliare non è un difetto, né per la macchina né per l'essere umano. L'errore è, a tutti gli effetti, la materia prima dell'apprendimento. Ogni correzione ricevuta, ogni aggiustamento, ogni piccolo miglioramento, ogni nuovo ciclo di esperienza sposta il modello — o il bambino — un passo più avanti verso risposte più utili, più responsabili, più aderenti al contesto.

In fondo, ciò che chiamiamo intelligenza — tanto nel neonato quanto nella macchina — non è soltanto la somma delle informazioni accumulate, ma la capacità di metterle al lavoro, di adattarle, di affinarle e di farle crescere con l'esperienza. L'addestramento iniziale ti mette in piedi. Il feedback ti raddrizza. L'ottimizzazione ti fa camminare bene. Il riaddestramento ti permette di andare più lontano. E, passo dopo passo, quello che era un equilibrio incerto diventa competenza.