

a corsa dell'AI ad integrare i programmi di ingegneria Stato dell'arte e confini reali dell'integrazione negli studi di ingegneria

L

Livio Mazzuoccolo: Direttore Generale Confindustria Centro Asia e Caucaso

C'è una domanda che circola oggi in ogni sala riunioni di uno studio di ingegneria, raramente formulata ad alta voce nei termini in cui la si pensa: quanto di questo lavoro esisterà ancora fra cinque anni. La risposta seria non è né rassicurante né apocalittica, ed è soprattutto più articolata di quanto suggeriscano le dimostrazioni che circolano sulle reti professionali e forum che ne parlano.

Convieni intanto correggere la metafora. Quella in corso non è una corsa verso la sostituzione dell'ingegnere, ma una corsa a ll' integrazione nei programmi di ingegneria: a



liimplementare e integrare i processi esistenti, dentro i pacchetti di calcolo, dentro i sistemi di gestione documentale, dentro il ciclo di offerta. È una differenza sostanziale, perché una tecnologia che sostituisce si valuta sul risultato finale, mentre una tecnologia che si integra si valuta su quanto bene si innesta, su chi la verifica e su chi ne risponde e supervisiona i risultati di integrazione e soprattutto di competitività globale.

E' una corsa che si svolge su tre piste distinte, percorse a velocità molto diverse: la confusione fra queste piste genera quasi tutte le aspettative sbagliate.

Tre piste, tre velocità

La prima pista è quella numerica, cioè l'impiego di reti neurali per accelerare o sostituire il calcolo. È la più avanzata in questo percorso di implementazione ed è quella di cui si parla meno fuori dagli ambienti tecnici. Il meccanismo è concettualmente semplice: si usa il risolutore tradizionale, agli elementi finiti o fluidodinamico, per generare grandi quantità di risultati già classificati;

su quei risultati si addestra un modello surrogato che, a valle, prevede l'esito di una simulazione senza doverla rieseguire. Le rilevazioni di settore del 2026 indicano che oltre nove organizzazioni su dieci hanno già introdotto modelli surrogati in almeno una parte dei propri processi di simulazione e di esplorazione dello spazio di progetto, e i processi di calcolo assistito risultano i primi a mostrare un'autonomia misurabile degli agenti, attorno al venti per cento, contro circa la metà nella modellazione geometrica e nella gestione dei requisiti. Non è più letteratura accademica: lo schema che vede il calcolo tradizionale come generatore di dati e l'apprendimento automatico come motore di previsione è oggi materia di brevetti industriali depositati da gruppi come Bosch e Pratt & Whitney, e riguarda esplicitamente l'eliminazione delle chiamate al risolutore all'interno dei cicli di ottimizzazione.

L'effetto pratico va compreso bene, perché è controintuitivo. Il modello surrogato non toglie lavoro all'ingegnere che imposta il problema fisico. Ne azzerà il costo marginale di iterazione. Un'analisi che richiedeva ore diventa istantanea, quindi non si esplorano più tre configurazioni ma tremila. Cambia la natura della progettazione, non il numero di persone necessarie a impostarla. Cambia però, e molto, il numero di ore fatturabili associate a quella attività. È integrazione allo stato puro: la macchina si è insediata dentro il ciclo di calcolo senza spostare di un millimetro chi decide cosa calcolare.

La seconda pista è quella documentale e semantica: modelli linguistici e visione artificiale applicati agli elaborati. Per chi lavora nel settore degli idrocarburi e delle grandi realizzazioni impiantistiche è di gran lunga il fronte più rilevante, perché il patrimonio informativo di un impianto vive negli schemi di tubazioni e strumentazione, negli isometrici, nelle schede tecniche, nelle specifiche e negli elenchi. Qui l'avanzamento è asimmetrico: molto rapido nell'estrazione, ancora lento nella produzione di documenti che facciano fede. Leggere uno schema di tubazioni e strumentazione acquisito per scansione, riconoscerne simboli, sigle, linee e connessioni, e restituire in pochi minuti l'elenco delle apparecchiature, l'elenco linee e il computo dei materiali che a un ingegnere costerebbero giorni, è tecnologia in esercizio da tempo presso le grandi imprese di ingegneria e costruzione. L'orientamento operativo prevalente, però, non è la piena automazione: è il processo semiautomatico, in cui l'algoritmo esegue riconoscimento ed estrazione e un ingegnere qualificato convalida le eccezioni e le sigle ambigue. È l'assetto che concilia la velocità con il livello di accuratezza che la gestione dell'integrità e la conformità normativa pretendono.

Un caso documentato nel 2026 mostra dove si trova oggi il valore economico vero, e non è dove ci si aspetta. Un'impresa di ingegneria e costruzione ha sottoposto a convalida automatica dodicimila schemi di tubazioni e strumentazione prima di una fermata di manutenzione in raffineria, individuando trentuno disegni superati ancora in circolazione. Trentuno documenti su dodicimila: un tasso di errore trascurabile in qualunque misura di qualità documentale, e undici settimane di rifacimenti in cantiere evitate. Il ritorno non è stato disegnare più in fretta. È stato trovare l'incoerenza prima che diventasse acciaio installato nel posto sbagliato.



La terza pista è quella della generazione geometrica a partire da una descrizione testuale, ed è la più indietro proprio dove servirebbe di più. Il limite non è produrre una forma: quello si fa dal 2019. Il limite è produrre geometria parametrica. La maggior parte degli strumenti restituisce maglie poligonali, cioè gusci di triangoli privi di cronologia costruttiva, di vincoli dimensionali e di intento progettuale. Una maglia non si toglie, non si quota, non propaga una modifica a valle e non sopravvive a una revisione di progetto. Dove il valore esiste davvero è in tre ambiti molto meno spettacolari: l'ottimizzazione topologica su vincoli fisici, l'automazione parametrica delle varianti, e la ricerca intelligente di componenti già convalidati nel proprio archivio. Per una società che progetta impianti su norme e cataloghi consolidati, quest'ultima capacità vale più di qualunque generatore di geometria nuova: il problema quotidiano non è inventare una flangia, è ritrovare quella già calcolata e approvata tre progetti fa.

Quanto occorre davvero

Prima di costruire qualunque valutazione di convenienza su questi numeri, vale la pena guardare l'evidenza sperimentale sulla produttività, che è meno lineare di quanto la comunicazione commerciale suggerisca. Uno studio controllato e randomizzato condotto su novantasei ingegneri di Google ha misurato una riduzione dei tempi di circa il ventuno per cento su un compito complesso. Una sperimentazione altrettanto rigorosa condotta dall'istituto METR su progettisti esperti che lavoravano su basi di lavoro già mature ha misurato l'opposto: un aumento del diciannove per cento dei tempi, malgrado i soggetti fossero convinti di essere andati più veloci. Una rassegna sistematica del 2026 conferma un effetto positivo ma moderato, con dispersione elevata dei risultati.

La lettura è netta e ha valore operativo immediato. Il guadagno è alto sul lavoro nuovo, standardizzato e ripetitivo ad alto volume. È nullo o negativo sul lavoro di ammodernamento di impianti esistenti, dove il contenuto di conoscenza tacita è alto e il tempo speso a spiegare la situazione alla macchina supera quello

risparmiato. Ed è sistematicamente sopravvalutato da chi lo utilizza: qualunque misurazione basata sulla percezione degli operatori, invece che sulle ore effettive, restituirà una corsa più veloce di quella reale.

Dove l'integrazione è già avvenuta, e dove non avverrà

Se si prova a ordinare le attività di ingegneria per grado di penetrazione raggiunto, emerge una gerarchia abbastanza stabile.

Al primo livello, già sostanzialmente automatizzabile con controllo di qualità a campione, ci sono l'estrazione di dati dalla documentazione esistente, il computo dei materiali, la produzione degli elenchi, il controllo documentale nel senso più ampio: coerenza delle revisioni, riferimenti incrociati, gestione dei punti sospesi, lettere di trasmissione. È lavoro ad alto volume, con regola nota e verificabile in modo deterministico.

Al secondo livello, sostituibile ma con verifica umana sistematica e non negoziabile, si colloca la parte più consistente del monte ore di un progetto: i calcoli ripetitivi standardizzati, dal dimensionamento degli spessori alle perdite di carico al dimensionamento delle valvole di sicurezza alle sezioni dei cavi; la modellazione surrogata per analisi strutturali e fluidodinamiche; il disegno bidimensionale e la produzione delle tavole a partire dal modello; la generazione di varianti parametriche su famiglie di componenti normalizzate; la compilazione delle schede tecniche, delle richieste d'offerta tecniche e della valutazione tecnica delle offerte dei fornitori. È su questa fascia che la corsa si decide, ed è qui che va posta l'attenzione progettuale.

Al terzo livello, quello dell'ampliamento delle capacità e non della sostituzione, restano gli studi di fattibilità e la scelta della soluzione, la disposizione tridimensionale dell'impianto e la costruibilità, le analisi di rischio. La macchina allarga enormemente lo spazio esplorato, ma la funzione obiettivo, i pesi relativi fra costo, sicurezza, tempi e vincoli locali, restano una scelta umana e in buona misura politica.

Al quarto livello la corsa si ferma, e non per limiti di calcolo: la firma dell'elaborato e la responsabilità professionale che ne consegue, il rapporto con le autorità locali, la gestione delle interfacce con committente e fornitori, la negoziazione delle varianti contrattuali, l'ingegneria di campo e la messa in servizio, dove i dati sono per definizione incompleti e la deviazione è la norma.

Il collo di bottiglia si sposta

C'è un errore di impostazione che sta costando caro a diverse organizzazioni, e riguarda proprio la seconda fascia. Se la macchina genera dieci volte più bozze ma la capacità di verifica resta costante, la produzione effettiva non aumenta: si allunga soltanto la coda di revisione, e con essa il rischio che la revisione diventi rituale invece che sostanziale. La produzione non era il vincolo. Il vincolo era, ed è sempre più, la verifica. Chi corre a integrare la generazione senza integrare contemporaneamente il controllo sta spostando il problema, non risolvendolo.

Da qui discende un principio di architettura che vale la pena adottare senza eccezioni: il modello linguistico ragiona, interpreta la richiesta, individua la norma applicabile e i parametri; il calcolo lo esegue codice deterministico e tracciato. Dove la correttezza è binaria non si usa uno strumento probabilistico. È lo stesso criterio che i sistemi ad agenti in esercizio applicano alle operazioni

finanziarie, e regge per la stessa ragione. Il sottoprodotto di questa impostazione, un registro di tracciabilità che documenta quale formula è stata applicata con quali dati, è per uno studio di ingegneria un patrimonio in sé: è ciò che rende l'elaborato firmabile.

Il traguardo ultimo, del resto, non è tecnico ma giuridico. Un elaborato di ingegneria è un atto con responsabilità civile e



penale assegnata a un soggetto identificabile e assicurabile. Finché non esisterà un soggetto assicurabile che risponda della produzione autonoma della macchina, l'intelligenza artificiale resterà strutturalmente confinata al ruolo di produttrice di bozze da verificare, per quanto brava diventi. Non è una previsione sulla tecnologia: è una constatazione sull'assetto della responsabilità professionale, e nessuna accelerazione tecnica la modifica da sola.

Cosa si vedrà per primo sui bilanci

Tre conseguenze meritano attenzione più dell'inquietudine generica sull'occupazione.

La prima riguarda la struttura delle competenze. Il lavoro assorbito per primo, disegno, computi, compilazioni, controllo documentale, è precisamente quello che nella tradizione dello studio di ingegneria finanzia la formazione dei giovani. Si comprime la base della piramide senza comprimere il vertice, che però va alimentato: senza giovani ingegneri che imparano facendo il lavoro ripetitivo, fra sette o dieci anni manca il progettista esperto capace di verificare ciò che la macchina produce. È il rischio industriale più serio, e ha una latenza tale da non manifestarsi in nessun bilancio prima che sia irreversibile.

La seconda riguarda il prezzo. I contratti a rimborso su base oraria subiscono compressione diretta nel momento in cui il committente sa che il computo dei materiali si genera in pochi minuti. Lo spostamento naturale è verso il prezzo a corpo e verso una tariffazione per elaborato e per rischio trasferito, dove il guadagno di produttività resta al fornitore invece di essere automaticamente ceduto al committente. È una trasformazione commerciale, non tecnica, e va negoziata prima che il mercato la imponga.

parando e si sta pagando due volte lo stesso lavoro.

La terza riguarda dove si trova il valore. Nel settore degli idrocarburi un giorno di fermo impianto durante una manutenzione programmata vale ordini di grandezza più dell'ora di ingegneria che lo ha causato. Il ritorno prevalente di queste tecnologie non è quindi la riduzione delle ore di progettazione, ma la riduzione dei rifacimenti: intercettare a monte l'errore documentale che a valle diventa fermo cantiere. Chi imposta il proprio programma di adozione sulla produttività di disegno sta ottimizzando la voce di costo sbagliata.

In che ordine correre

Per rapporto fra valore e rischio, la sequenza che regge alla prova dei fatti è abbastanza consolidata. Si comincia dall'indicizzazione per contenuto dell'archivio, progetti chiusi, specifiche dei committenti, documentazione dei fornitori, lezioni apprese: costo basso, nessun rischio sugli elaborati, beneficio immediato in fase di gara. Si prosegue con l'estrazione e la verifica incrociata della documentazione tecnica, in modalità semiautomatica con revisione delle sole eccezioni. Poi l'automazione della matrice di conformità in offerta e della valutazione tecnica delle offerte dei fornitori, che è fra le voci a maggior risparmio di ore in ogni gara. Solo a questo punto ha senso costruire la libreria di calcoli deterministici messa a disposizione dell'agente come strumento. I modelli surrogati vengono dopo, e soltanto dove esiste già un insieme proprietario di simulazioni e un campo di validità delimitato. La generazione geometrica viene per ultima, limitata alla configurazione parametrica di famiglie normalizzate.

Vale la pena presidiare quattro indicatori: le ore per tipologia di elaborato, il tasso di eccezione della revisione umana, le non conformità e le varianti attribuibili a errore di ingegneria, e la percentuale di elaborati con provenienza tracciabile. Il secondo è il più diagnostico di tutti: se il tasso di eccezione non scende nel tempo, il sistema non sta im