

since 1990

**HARPACEAS**  
Your digital partner

## L'Intelligenza Artificiale applicata alla progettazione delle strutture civili: la nascita di un'era

Ing. Ada Zirpoli  
Technical Manager  
Structural and Geotechnical Engineering Department, Harpaceas

La rivoluzione dell'Intelligenza Artificiale sta toccando ogni aspetto delle nostre vite, e l'Ingegneria Civile ne sta raccogliendo i frutti. La progettazione strutturale sta vivendo una trasformazione senza precedenti grazie all'AI. Ma come si integrano queste due realtà, e quali prospettive si aprono per il futuro delle costruzioni?

Immagina di dover concepire un edificio. Il predimensionamento è come tracciare la prima bozza di un'opera d'arte: getti le basi, definisci le linee principali e inizi a dare forma alla tua visione. Tradizionalmente, questo processo richiede esperienza, calcoli e conoscenza delle normative. Ogni scelta può influenzare costi, tempi e sicurezza dell'intera opera.

Integrare l'AI nel predimensionamento è come avere un assistente estremamente capace che analizza enormi quantità di dati in un tempo irrisorio. Gli algoritmi di *machine learning* possono esaminare migliaia di progetti precedenti, riconoscere *pattern* efficaci e suggerire soluzioni ottimali. Non sostituiscono l'Ingegnere, ma amplificano le sue capacità, consentendogli di esplorare opzioni che altrimenti rimarrebbero nascoste.

Numerosi sono i vantaggi che emergono da questa sinergia.

Uno dei più rilevanti riguarda la massimizzazione dello sfruttamento dei materiali (si veda ad es. [1]). Attraverso algoritmi avanzati, l'AI può analizzare in tempo reale una quantità elevata di configurazioni strutturali, individuando la combinazione ideale che efficienti l'impiego di ogni elemento senza eccedere nei consumi. L'obiettivo è avvicinarsi a un tasso di sfruttamento unitario, ovvero utilizzare il materiale esattamente dove serve, senza sovradimensionamenti inutili, ma garantendo sempre la sicurezza e le prestazioni richieste. Questa capacità si traduce in un modo di costruire più efficiente e sostenibile: grazie a un controllo di precisione quasi chirurgica, si possono ridurre gli sprechi, limitare i costi di produzione e minimizzare l'impatto ambientale, senza rinunciare alla sicurezza strutturale. In pratica, l'AI permette di superare i limiti dei metodi tradizionali, che spesso si basano su coefficienti di sicurezza elevati per compensare incertezze progettuali, portando così a un uso più razionale delle risorse e a una progettazione ottimizzata in ogni dettaglio. Un altro grande beneficio è la velocità nella progettazione. L'AI, grazie alla sua capacità di automatizzare calcoli complessi e ripetitivi, accelera drasticamente i tempi di sviluppo, riducendo le lunghe iterazioni tipiche dei processi tradizionali. Questo non significa solo maggiore rapidità nell'ottenere un risultato, ma anche la possibilità per gli Ingegneri di dedicare più tempo agli aspetti strategici della progettazione, esplorando soluzioni innovative e ottimizzando le scelte strutturali. È come avere più ore a disposizione in una giornata, senza compromettere l'accuratezza. A questo si aggiunge un incremento significativo della precisione. Riducendo l'incidenza degli errori umani, spesso dovuti alla complessità dei calcoli o alla ripetitività delle operazioni, l'AI garantisce risultati più affidabili fin dalle prime fasi del progetto. Questo porta a una progettazione più consapevole ed efficiente, con meno necessità di correzioni in corso d'opera e una maggiore coerenza tra il modello teorico e la sua realizzazione pratica.

Un ulteriore vantaggio è la capacità dell'AI di individuare rapidamente le soluzioni più adatte al contesto specifico, rendendo la progettazione più flessibile ed efficace [2]. Attraverso l'analisi avanzata di una moltitudine di variabili – dalle caratteristiche geotecniche del sito alle condizioni di

since 1990

**HARPACEAS**  
Your digital partner

carico, fino ai vincoli normativi ed estetici – l'intelligenza artificiale è in grado di adattare ogni progetto alle esigenze reali, riducendo la necessità di revisioni e aggiustamenti successivi. Questo approccio consente di ottimizzare le prestazioni strutturali e architettoniche fin dalle prime fasi, migliorando la qualità complessiva del risultato e garantendo un perfetto equilibrio tra funzionalità, sicurezza ed estetica.

Tuttavia, affinché questi benefici si traducano in un impatto concreto sul settore, ci sono ancora alcune sfide da affrontare.

La prima sfida riguarda la qualità dei dati: l'AI è tanto efficace quanto accurati e completi sono i dati su cui viene addestrata [3]. Per ottenere un predimensionamento strutturale che sia realmente coerente con il contesto specifico è necessario aver alimentato gli algoritmi con un'enorme quantità di informazioni rappresentative di situazioni diverse, coprendo una vasta gamma di materiali, configurazioni, condizioni di carico, parametri geotecnici, ecc.... Solo con un training approfondito e variegato l'AI può riconoscere schemi ricorrenti e proporre soluzioni realmente affidabili. Al contrario, se i dati sono parziali o poco significativi, il rischio è di ottenere risultati errati o poco adatti al caso reale, compromettendo l'utilità stessa del modello.

L'accettazione della tecnologia è un aspetto cruciale nell'adozione dell'AI nel settore edilizio e Ingegneristico. Nonostante i suoi evidenti vantaggi, molti Professionisti faticano a fidarsi completamente di questi strumenti innovativi. Tale resistenza può derivare da diversi fattori, tra cui scetticismo, timore del cambiamento o semplice abitudine ai metodi tradizionali. Uno degli ostacoli principali è la percezione dell'AI come una tecnologia ancora poco trasparente. L'intelligenza artificiale, infatti, è spesso vista come una "scatola nera", con processi decisionali difficili da comprendere per i non addetti ai lavori. Questo può generare diffidenza, soprattutto in ambiti dove la sicurezza e la precisione sono fondamentali.

Un altro elemento che rallenta l'adozione dell'AI è la naturale resistenza al cambiamento. In settori consolidati come l'Ingegneria e l'edilizia, molti Professionisti hanno sviluppato competenze e metodi di lavoro basati su anni di esperienza e formazione tradizionale. Modificare questi processi richiede tempo, impegno e la volontà di uscire dalla propria zona di comfort. L'abitudine gioca un ruolo determinante: quando un sistema consolidato sembra funzionare, l'idea di introdurre uno strumento nuovo può apparire più come un rischio che come un'opportunità. Per superare queste barriere, è fondamentale investire nella formazione e nella diffusione della conoscenza. Rendere l'AI più accessibile attraverso corsi, workshop e dimostrazioni pratiche permette di avvicinare i Professionisti alla tecnologia, aiutandoli a comprenderne le potenzialità senza timori infondati. Affiancare l'uso dell'intelligenza artificiale a casi concreti, mostrando risultati misurabili e benefici tangibili, è il modo più efficace per dimostrare il suo reale valore.

Infine, non si possono ignorare le implicazioni etiche legate all'adozione dell'intelligenza artificiale. Affidare decisioni critiche a un algoritmo solleva inevitabilmente interrogativi sulla responsabilità, sulla trasparenza e sul controllo umano. Chi è responsabile di una scelta guidata dall'AI? Quanto possiamo fidarci delle decisioni automatizzate? Questi dubbi sono legittimi e richiedono un approccio attento, ma è importante sottolineare che il ruolo dell'intelligenza artificiale non è quello di sostituire il giudizio umano, bensì di affiancarlo. L'AI fornisce strumenti avanzati per analizzare grandi quantità di dati, individuare correlazioni e proporre soluzioni basate su evidenze oggettive, ma la decisione finale rimane nelle mani degli Ingegneri. In settori come l'ingegneria e l'edilizia, dove la sicurezza e la precisione sono fondamentali, il valore aggiunto della tecnologia sta proprio nel supportare i Professionisti, riducendo margini di errore e migliorando l'efficienza, senza mai eliminare il controllo umano. Per garantire un utilizzo responsabile, è fondamentale che gli algoritmi siano progettati in modo trasparente e che le loro logiche decisionali siano comprensibili e verificabili. Solo così sarà possibile costruire fiducia attorno a queste tecnologie e sfruttarle per prendere decisioni più consapevoli e informate. Piuttosto che temere l'automazione intelligente, è necessario imparare a governarla, integrandola nei processi decisionali con un approccio critico e

since 1990

**HARPACEAS**  
Your digital partner

responsabile. Allo stesso tempo, la tutela della privacy gioca un ruolo cruciale, poiché la protezione dei dati è essenziale per mantenere la fiducia degli utenti e rispettare le normative sulla sicurezza informatica. Infine, la *tecnologia AI-driven* deve essere inclusiva, accessibile a tutti e progettata per generare benefici senza discriminazioni, assicurando un impatto positivo su larga scala. Se ben utilizzata, l'AI non è solo uno strumento di innovazione, ma un'opportunità per costruire un futuro più sostenibile, equo e responsabile.



L'intelligenza artificiale sta già trasformando il modo in cui vengono progettate le strutture, rendendole più efficienti, sostenibili e sicure.

Un esempio significativo arriva dall'Olanda, dove algoritmi di intelligenza artificiale hanno contribuito alla realizzazione di un ponte pedonale stampato in 3D. Grazie all'ottimizzazione del design, è stato possibile ridurre al minimo l'uso di materiale, dando vita a una struttura innovativa e sostenibile. Il ponte pedonale in questione è il MX3D Bridge. È stato realizzato ad Amsterdam ed è noto per essere il primo ponte in acciaio inossidabile stampato in 3D. È stato progettato dallo studio Joris Laarman Lab e costruito con l'uso di robot industriali per la stampa 3D su larga scala. Il progetto ha coinvolto anche l'uso dell'intelligenza artificiale per monitorare la struttura in tempo reale e ottimizzarne il design. Il ponte è stato installato sul canale Oudezijds Achterburgwal, nel 2021.

In Asia, l'intelligenza artificiale sta rivoluzionando la progettazione dei grattacieli, rendendoli più sicuri e sostenibili anche in condizioni climatiche estreme. Infatti, oltre a garantire la stabilità strutturale, questi edifici sono concepiti per ottimizzare il consumo energetico e migliorare l'efficienza complessiva, riducendo l'impatto ambientale [4].

Un esempio particolarmente significativo si trova in Giappone, un paese dove il rischio sismico è una sfida costante. Qui, algoritmi avanzati vengono impiegati per analizzare e prevedere il comportamento delle strutture durante un terremoto, consentendo la progettazione di edifici in grado di assorbire e dissipare l'energia sismica in modo efficace. Questa tecnologia non solo contribuisce a proteggere vite umane, ma riduce anche i danni alle infrastrutture, garantendo una maggiore resilienza urbana.

Questi esempi rappresentano solo l'inizio di un'evoluzione più ampia. L'AI non si limita a migliorare i processi tradizionali, ma apre la strada alla progettazione generativa, dove le soluzioni emergono in modo autonomo dall'elaborazione di milioni di scenari possibili. La progettazione generativa rappresenta il futuro prossimo. Qui, l'Ingegnere definisce obiettivi e vincoli, e l'AI genera soluzioni possibili. È come avere un team infinito di creativi digitali al tuo fianco, esplorando idee che vanno oltre l'immaginazione tradizionale.

since 1990

**HARPACEAS**  
Your digital partner

Attenzione! L'intelligenza artificiale non sostituisce l'ingegnere, ma ne ridefinisce il ruolo, trasformandolo in una figura sempre più strategica e multidisciplinare. Questo cambiamento impone un'evoluzione delle competenze, rendendo essenziali nuove abilità. Non basta più saper utilizzare strumenti avanzati: è fondamentale comprenderli a fondo e integrarli efficacemente nei processi progettuali. L'Ingegnere di oggi deve essere in grado di valutare l'affidabilità delle soluzioni generate dall'AI, applicando il proprio pensiero critico ed esperienza per garantire scelte ponderate e sicure. Allo stesso tempo, l'automazione delle attività più ripetitive libera tempo prezioso, permettendo di concentrarsi su idee innovative e sullo sviluppo di soluzioni progettuali sempre più avanzate. Questa evoluzione non rappresenta una minaccia, ma un'opportunità per ampliare le competenze e portare l'Ingegneria verso orizzonti sempre più avanzati.

E per quanto riguarda l'altro importante tema: la sostenibilità? Anche in questo caso, l'intelligenza artificiale può diventare un prezioso alleato, contribuendo a rendere il settore delle costruzioni più efficiente e responsabile. Grazie alla sua capacità di ottimizzare l'uso delle risorse, riduce gli sprechi e favorisce l'impiego di materiali eco-friendly, abbattendo così l'impatto ambientale. Nella progettazione di edifici, l'analisi avanzata dei dati consente di integrare soluzioni per l'efficienza energetica sin dalle prime fasi, migliorando le prestazioni e la sostenibilità delle strutture [5]. Anche la pianificazione urbana ne trae beneficio: i modelli computazionali aiutano a progettare città più resilienti e sostenibili, ottimizzando la mobilità, il consumo energetico e la gestione delle risorse, con un impatto positivo sul benessere collettivo e sull'ambiente.

Ma quali sono le applicazioni concrete dell'intelligenza artificiale per rendere l'edilizia più sostenibile e responsabile? Uno dei campi di maggiore impatto è la progettazione eco-efficiente, dove i sistemi intelligenti analizzano una vasta gamma di dati – come l'orientamento solare, i flussi d'aria e le condizioni climatiche locali – per suggerire soluzioni architettoniche che massimizzano l'illuminazione naturale e la ventilazione. Questo consente di ridurre la dipendenza da sistemi artificiali di riscaldamento, raffreddamento e illuminazione, migliorando l'efficienza energetica degli edifici.

Un altro aspetto cruciale è la scelta di materiali sostenibili, un processo in cui l'intelligenza artificiale gioca un ruolo determinante. Grazie alla sua capacità di analizzare l'intero ciclo di vita di un materiale, dall'estrazione delle materie prime fino allo smaltimento, le reti neurali consentono a Ingegneri e Architetti di prendere decisioni più informate e orientate alla sostenibilità. Questa tecnologia permette di identificare le soluzioni più eco-friendly, valutando fattori come l'impronta di carbonio, la riciclabilità e la durabilità nel tempo. L'impiego di materiali riciclati o a basse emissioni non solo contribuisce a ridurre l'impatto ambientale delle costruzioni, ma migliora anche l'efficienza complessiva degli edifici, garantendo maggiore resistenza e minori costi di manutenzione. L'elaborazione automatizzata, inoltre, facilita l'integrazione di soluzioni innovative, come biocompositi o materiali avanzati a base di nanotecnologie, che combinano prestazioni elevate e sostenibilità. Grazie a questi strumenti, il settore edilizio può evolversi verso un modello più responsabile, in grado di conciliare esigenze strutturali, efficienza energetica e rispetto per l'ambiente.

L'intelligenza artificiale sta trasformando anche i processi di costruzione, rendendo la gestione dei cantieri più efficiente e sostenibile. Grazie all'analisi predittiva, è possibile pianificare ogni fase del lavoro con maggiore precisione, riducendo sprechi di tempo e risorse. L'AI analizza dati provenienti da diverse fonti, come la disponibilità dei materiali, le condizioni meteorologiche e l'allocazione della manodopera, per ottimizzare il coordinamento delle attività. Questo approccio intelligente consente di evitare ritardi, minimizzare le sovrapposizioni e prevenire interruzioni impreviste, migliorando il flusso di lavoro complessivo. Inoltre, una gestione più efficiente si traduce in una significativa riduzione dei consumi energetici e delle emissioni prodotte dai cantieri, contribuendo a un'edilizia più sostenibile. L'integrazione dell'AI nei processi costruttivi non solo aumenta la produttività, ma favorisce anche un utilizzo più responsabile delle risorse, con benefici tangibili sia in termini

since 1990

**HARPACEAS**  
Your digital partner

economici che ambientali.

Una volta completata la costruzione, l'intelligenza artificiale continua a svolgere un ruolo fondamentale nella gestione e manutenzione degli edifici, grazie all'impiego di sensori intelligenti e sistemi di monitoraggio avanzati. Questi strumenti permettono di rilevare in tempo reale eventuali anomalie strutturali, variazioni nei consumi energetici o segni di degrado, consentendo di intervenire tempestivamente prima che si verifichino danni significativi. L'approccio predittivo reso possibile dall'AI non solo aumenta la sicurezza e l'affidabilità delle strutture, ma contribuisce anche a prolungarne la vita utile, riducendo la necessità di interventi di ristrutturazione invasivi o di nuove costruzioni. Questo si traduce in un impatto ambientale minore, grazie alla riduzione del consumo di materiali e delle emissioni legate alla produzione e al trasporto. Inoltre, una manutenzione più efficiente permette di ottimizzare i costi operativi e garantire edifici sempre più resilienti e sostenibili nel tempo.

L'intelligenza artificiale, quindi, non è solo uno strumento tecnologico avanzato, ma una risorsa strategica per trasformare l'edilizia in un settore più efficiente, responsabile e attento all'ambiente.



## Conclusioni

Immagina città in cui ogni edificio dialoga con l'infrastruttura circostante, dando vita a un ecosistema intelligente e sostenibile. Grazie all'AI, questa visione diventa realtà: l'integrazione di dati e tecnologie consente di affrontare le sfide ambientali in modo più efficiente, trasformando il settore delle costruzioni.

L'Intelligenza Artificiale sta ridefinendo l'Ingegneria Civile, offrendo strumenti innovativi che fino a pochi anni fa sembravano inimmaginabili. Tuttavia, la tecnologia è solo un mezzo: il vero cambiamento dipende dai Professionisti che la adottano e la utilizzano con consapevolezza.

Adottare l'AI nell'edilizia non significa solo migliorare l'efficienza e ridurre l'impatto ambientale, ma anche creare valore economico e sociale. Investire in queste tecnologie è una scelta che porta benefici concreti per le persone, le città e l'ambiente. Il futuro delle costruzioni è già in trasformazione: il momento di esserne protagonisti è adesso.

L'adozione dell'AI non deve essere vissuta come una sostituzione del sapere umano, ma come un potenziamento delle competenze già esistenti. La tecnologia diventa uno strumento di supporto che permette di ottimizzare processi, ridurre errori e concentrarsi su aspetti più strategici e creativi del lavoro. Solo attraverso un approccio consapevole e una maggiore familiarità con queste innovazioni sarà possibile superare le resistenze e integrare l'AI in modo efficace e vantaggioso.

## Bibliografia

[1] Integrating deep learning into CAD/CAE system: generative design and evaluation of 3D

since 1990

**HARPACEAS**  
*Your digital partner*

conceptual wheel - Soyoung Yoo, Sunghee Lee, Seongsin Kim, Kwang Hyeon Hwang, Jong Ho Park, Namwoo Kang - Structural and Multidisciplinary Optimization – 2021.

[2] Generative AI design for building structures - Wenjie Liao, Xinzheng Lu, Yifan Fei, Yi Gu, Yuli Huang - Automation in Construction – 2024.

[3] Dual generative adversarial networks for automated component layout design of steel frame-brace structures - Bochao Fu, Yuqing Gao<sup>1</sup>, Wei Wang - Automation in Construction – 2023.

[4] A genetic algorithm tool for conceptual structural design with cost and embodied carbon optimization – A. Kanyilmaz, P. Navarro, D. Loiacono - Engineering Applications of Artificial Intelligence – 2022.

[5] A multi-criteria conceptual design method using genetic algorithms to optimize structures' cost and environmental impacts - A. Kanyilmaz, P. Navarro, D. Loiacono - Artificial Intelligence in Architecture, Engineering and Construction Conference - 2021.