

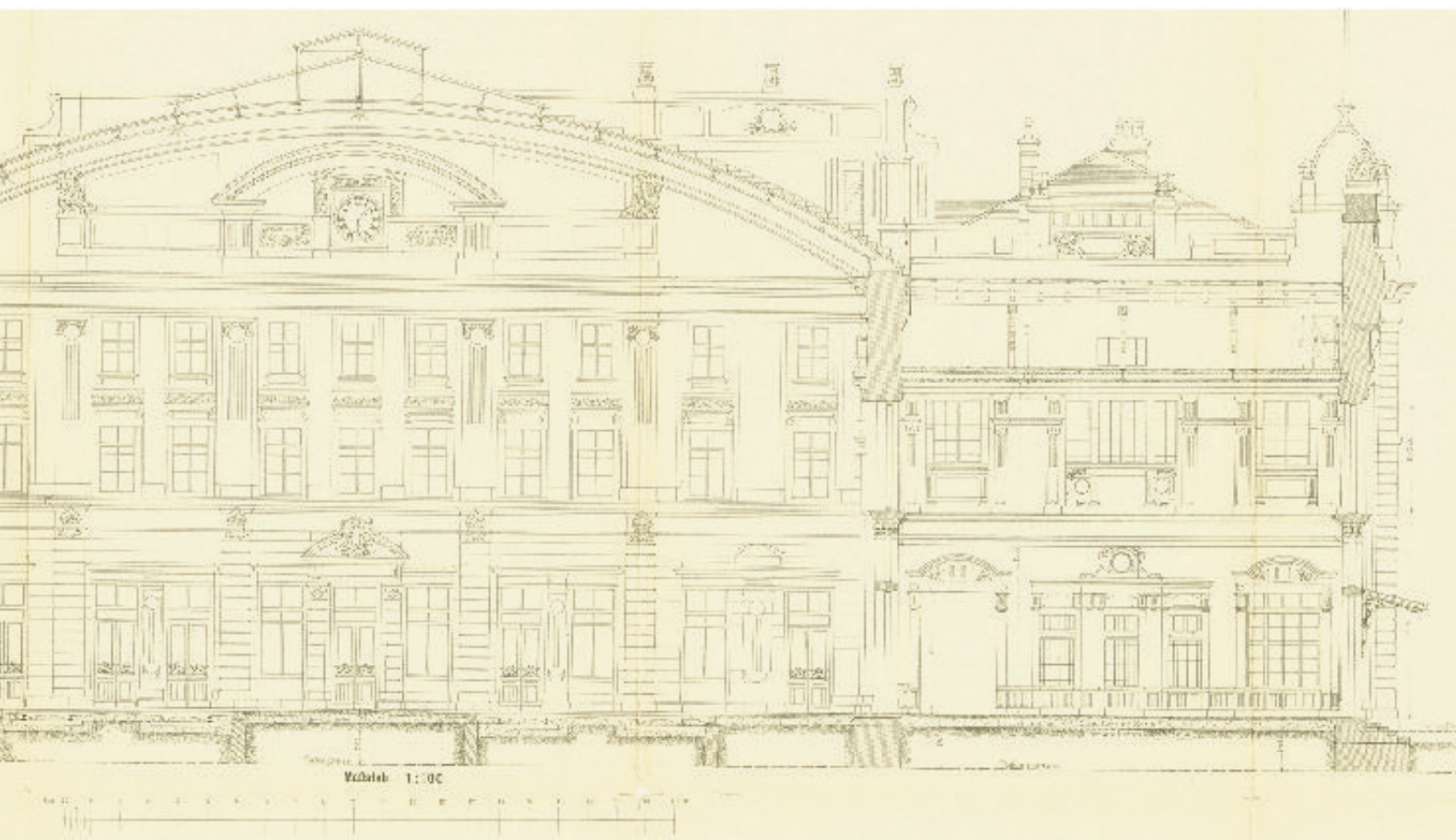
L'IU

L'INGEGNERE UMBRO



PERIODICO DELL'ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI PERUGIA

Unilab Sperimentazione S.r.l. nasce nel 2012 ed è un laboratorio di derivazione universitaria specializzato nella *Diagnostica Strutturale* di opere Monumentali, Edifici Pubblici e Privati, Residenziali e Industriali. Da Luglio 2018 è anche un *Laboratorio autorizzato dal Ministero delle Infrastrutture e Trasporti ad eseguire prove su materiali da costruzione ex art. 59 DPR 380/01 e art. 20 L. 1086/71 – Settore A.*



DIAGNOSTICA

Prove su elementi in cemento armato
Prove su murature
Prove di carico su strutture
Prove su elementi prefabbricati
Prove su legno e acciaio
Monitoraggi strutturali statici e dinamici
Diagnosi sullo sfondellamento dei solai

LABORATORIO

Calcestruzzi
Acciai
Malte e cementi
Aggregati
Bitumi
FRC
FRP - FRCM - CRM

www.unilabsperimentazione.pg.it

Unilab Sperimentazione S.r.l.

Via Giacomo Leopardi 27, 06073 Corciano (PG)

Tel e fax 075 6978960

SOMMARIO



In copertina:

Suggestiva immagine di Paciano (Perugia)

(Fotografia: Michele Castellani)

4 ALBO D'ORO 2025

Perugia premia l'ing. Massimo Mariani con il più alto riconoscimento cittadino.

la Redazione

7 ESTETICA COMPUTAZIONALE

Il ruolo dell'intelligenza artificiale nei processi di progetto e rappresentazione.

Chiara Mommi, Fabio Bianconi, Marco Filippucci

13 MODELLAZIONE MATEMATICA DI PIATTAFORME AEREE

Tesi di laurea: sviluppo di un tool per la previsione del comportamento dinamico di PLE.

Giada Alessandrini

19 INGEGNERI IN FESTA

Cena d'Estate all'insegna dei riconoscimenti per il percorso professionale.

la Redazione

L'INGEGNERE UMBRO - n° 133 - anno XXXIII - Settembre 2025

Direttore Responsabile: Luca Fiorucci

Redattore Capo: Alessio Lutazi

Collaboratori: Francesco Asdrubali, Paolo Belardi, Simone Bori, Michele Castellani, Guido De Angelis, Lamberto Fornari, Pietro Gallina, Antonello Giovannelli, Renato Morbidelli, Massimo Pera, Enrico Maria Pero, Alessandro Rocconi, Carla Saltalippi, Gianluca Spoleetini.

Hanno collaborato inoltre a questo numero: Giada Alessandrini, Fabio Bianconi, Chiara Mommi, Marco Filippucci

Grafica e impaginazione: Le Mani di Mary S.r.l. - Perugia

Stampa e Pubblicità: Unione Tipografica Folignate - Foligno

Questo numero è stato stampato in 6000 copie.

La Rivista viene inviata in abbonamento gratuito a chiunque ne fa richiesta. L'Editore garantisce la massima riservatezza dei dati forniti dagli abbonati e la possibilità di richiederne gratuitamente la rettifica o la cancellazione. Le informazioni custodite verranno utilizzate al solo scopo di inviare agli abbonati la Rivista e gli allegati (legge 196/03 - tutela dei dati personali). Tutti i diritti sono riservati. È vietata la riproduzione anche parziale, eseguita con qualsiasi mezzo, di ogni contenuto della Rivista, senza autorizzazione scritta. Sono consentite brevi citazioni con l'obbligo di menzionare la fonte. Testi, foto e disegni inviati non saranno restituiti.

ALBO D'ORO 2025

Perugia premia
l'ing. Massimo Mariani con il
più alto riconoscimento cittadino

La redazione

Dopo il Baiocco d'Oro e la Cittadinanza Benemerita a Todì, l'iscrizione all'Albo d'oro di Perugia. Nuovo riconoscimento per Massimo Mariani, "di fama internazionale" si legge nelle motivazioni del riconoscimento. "È riconosciuto come uno dei massimi

esperti nel campo della ricerca applicata in ambito sismico, del consolidamento strutturale e del restauro architettonico. Con straordinaria competenza ha operato anche nel settore delle emergenze idrogeologiche, offrendo soluzioni innovative e rigorose in contesti complessi, sia in Italia che all'estero".

E ancora: "Come docente di Geotecnica e Geologia applicata alle opere di ingegneria presso l'Università degli Studi di Perugia, e come formatore nel Master di Secondo Livello sul consolidamento e restauro degli edifici danneggiati da eventi sismici all'Università di Ferrara e al Servizio Tecnico Nazionale della Protezione Civile, ha formato generazioni di tecnici, trasmettendo non solo conoscenze scientifiche e specialistiche, ma anche una profonda etica professionale e civile".

Ricordiamo che, in ambito ingegneristico istituzionale, egli è stato Presidente del Consiglio del nostro Ordine dal 1996 al 2011 e successivamente Consigliere Nazionale - CNI dal 2011 al 2021.

Numerosi sono gli incarichi che ha ricoperto nel tempo, è stato ancora ricordato in quella sede: "Presidente del Consiglio degli Ingegneri Civili Europei (comprendente anche Russia e Paesi Baltici), membro del Comitato Tecnico Scientifico del Commissario Straordinario per il Terremoto dell'Italia Centrale 2016, esperto del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e consigliere del Centro Europeo per la Prevenzione e Previsione dei Terremoti,



con sede ad Atene. Attualmente presiede anche il Centro Studi Sisto Mastrodicasa per il Consolidamento e il Restauro, e il suo contributo resta imprescindibile per il progresso delle scienze e tecniche applicate alla sicurezza degli edifici e del territorio.

Autore di pubblicazioni scientifiche di rilievo internazionale, Mariani ha trattato temi fondamentali come l'interpretazione dei fenomeni sismici e il consolidamento dei contesti geotecnici, contribuendo ad elevare il dibattito scientifico e tecnico.

La sua iscrizione all'Albo d'Oro della Città di Perugia "rappresenta un doveroso e profondo atto di riconoscenza verso un uomo che ha messo il proprio sapere, la propria visione e il proprio rigore scientifico al servizio della sicurezza, della conoscenza e della tutela del patrimonio. Con intelligenza, passione e instancabile dedizione, Massimo Mariani ha donato il proprio impegno alla nostra città, lasciando un'impronta indelebile che continuerà a guidare le generazioni future nel segno della competenza e della responsabilità".

Così l'Ingegnere Mariani aveva commentato dal palco della sala dei Notari il riconoscimento attribuitogli, trattando temi che esaltano la nostra Ingegneria: "Nel nostro ambito, quello della sicurezza strutturale, della scienza applicata agli edifici, del consolidamento post-sismico, del consolidamento delle frane e quello di molto altro della nostra Ingegneria, accade qualcosa di simile a ciò che succede in medicina. Ma c'è una differenza. Il medico può riconoscere il riscontro del proprio lavoro anche solo nel volto del paziente; noi Ingegneri no.

Noi, molte volte, in particolare nell'anti-sismica la conferma del successo del nostro operato la vivranno le future generazioni con il salvataggio della loro vita, che, come nel caso di Norcia, è stato mostrato durante gli ultimi terremoti.

Comunque quell'esperienza, quella ricerca scientifica applicata sul campo, quel sapere si trasmette ai colleghi,



alle imprese, alle maestranze, e solo allora essa prende forma, concretizzandosi nel successo".

"In Umbria non ci manca nulla - aveva sottolineato ancora Mariani - abbiamo terremoti ricorrenti, ...frane ovunque. Il nostro territorio è geologicamente giovane e sismico.

È in questo contesto difficile che è nata una scuola: la Scuola Umbra del Consolidamento e del Restauro.

Una scuola di cui Perugia non conosce l'esistenza e di cui deve andare fiera.

Coniati questo nome nei primi anni '90. Il nome è di quel periodo, ma la scuola

nasce tanto tempo fa con Sisto Mastrodicasa ed è stata proseguita da Tosti, Serra, Marcucci, e da molti altri Colleghi che vorrei nominare...tutti... È una Scuola importante, che deriva dall'esperienza, dalla Scienza Applicata che è nella tradizione dell'Ingegneria Italiana e qui aggiungerei 'Umbra'".

"Pensate, ho trovato sui tavoli di Università e di studi tecnici di Atene, Tbilisi (Georgia), Creta, Lisbona...il libro di Sisto Mastrodicasa "Dissesti statici delle strutture edilizie".

"Si faccia riferimento all'ultimo terremoto dell'Italia Centrale, a Norcia.

Ci sono stati nove eventi sismici che hanno prodotto energie superiori a magnitudo 5 - aveva aggiunto ancora Mariani - uno di questi ha colpito (quasi sotto di sé) Norcia con magnitudo pari a 6.5 (ricordiamo che il terremoto dell'Irpinia ebbe magnitudo 7 circa, provocando circa 2900 vittime). È stato quindi un terremoto fortissimo. Eppure, non c'è stata una sola vittima. Questo è il risultato magnifico di un percorso di conoscenza, di studio e di opere di consolidamento che nasce a Norcia e nel nostro territorio Perugino-Ternano già nel 1859, anno di un ter-

remoto disastroso (101 vittime) che distrusse gran parte della città.

Norcia ha avuto terremoti ogni vent'anni, e abbiamo lavorato incessantemente, adeguando le strutture, migliorando il sapere tecnico, investendo nella ricerca.

Abbiamo seminato e abbiamo raccolto.

I risultati si sono visti.

Per questo dico sempre, come ho fatto frequentemente anche in TV: "Norcia è la riprova che l'INGEGNERIA HA VINTO!".

E con il termine "Ingegneria" ho voluto

coinvolgere tutti: Ingegneri, Architetti, Geometri, Geologi, Imprenditori e Operai, cioè tutti coloro che hanno contribuito, con intelligenza e sacrificio, alla sicurezza del territorio".

E ancora, nel segno della "conservazione": "Quando fui eletto alla Presidenza del Consiglio Europeo degli Ingegneri Civili non portai esperienze di grandi opere. Portai "la conservazione" Portai una cultura diversa rispetto a quella imperante in quell'ambito. Non solo costruire il nuovo, ma conservare l'esistente. E mi elessero!

Fu come se si risvegliassero.

Capirono che esisteva anche la cultura della conservazione della nostra storia...della salvaguardia delle popolazioni.

Questa è l'etica che appartiene a Perugia.

Noi questa scuola l'abbiamo inventata! I nostri colleghi la portano in giro per l'Italia, per il mondo.

I miei allievi, ormai sono conosciuti ovunque.

Questo è il mio regalo concreto alla mia città".

"Per ultimo un mio pensiero tanto personale.

"Sono stato fortunato!"

Ho iniziato la mia attività a Perugia con il sindaco Casoli, poi Silla Baglioni, Valentini, Maddoli, Locchi, Boccali, Romizi, e collateralmente con tutte le loro Amministrazioni, i loro Consigli Comunali e poi con Margherita Scoccia e ora con la Sindaca Vittoria Ferdinandi...

Ho sempre avuto con tutti un rapporto diretto, fattivo, operativo, ma nessuno di loro mi ha mai chiesto di che partito fossi, per chi votassi. Questo è segno di maturità della nostra Città perché la Scienza non ha colore politico!"



ESTETICA COMPUTAZIONALE



Il ruolo dell'intelligenza artificiale nei processi di progetto e rappresentazione

di Chiara Mommi
Fabio Bianconi
Marco Filippucci

Oggi progettare trascende la mera traduzione d'intuizione in forma o d'esigenza in spazio: è agire in un ecosistema in rivoluzione, dove i codici stessi della rappresentazione si riconfigurano sotto la spinta pervasiva di strumenti algoritmici capaci non solo di descrivere, ma di generare. L'intelligenza artificiale, in particolare nelle sue forme generative e predittive, non si inserisce nel progetto come semplice estensione delle tecnologie precedenti, ma come dispositivo epistemico, in grado di intervenire sui presupposti stessi del pensiero progettuale, modificandone le logiche, i tempi e i linguaggi. La rappresentazione, che per secoli ha costituito l'interfaccia primaria tra idea e costruzione, tra concetto e materia, diventa oggi spazio operativo dinamico, ambiente computazionale in cui la forma è il risultato di un processo iterativo, non sempre lineare, spesso ambivalente. Il gesto progettuale non si concretizza più esclusivamente in un disegno, ma può cominciare da un prompt testuale, da una struttura dati, da un'interfaccia generativa: è la logica del sistema, più che la volontà del soggetto, a orientare il campo delle possibilità. In questo scenario, si aprono nuove responsabilità e nuove opportunità. Il progettista non è chiamato a cedere la propria centralità, ma a reinterpretarla alla luce di un contesto operativo che non richiede meno controllo, ma un controllo diverso: non sull'esito finale, ma sulle regole del

processo; non sulla forma finita, ma sulla coerenza delle condizioni iniziali. Nel settore dell'architettura, dell'ingegneria e delle costruzioni la trasformazione dei linguaggi progettuali attivata dall'intelligenza artificiale assume forme operative sempre più concrete e trasversali. Non si tratta più di un campo di ricerca relegato alla sperimentazione accademica o a prototipi visionari, ma di una serie di applicazioni distribuite lungo l'intero ciclo di vita del progetto, capaci di intervenire in modo efficace e silenzioso nei flussi di lavoro già consolidati. L'AI non entra nel processo progettuale per sostituire il tecnico, ma per ridefinirne gli strumenti, le soglie decisionali, le strategie di rappresentazione.

L'intelligenza artificiale non si presenta come un'unica tecnologia, ma come un insieme eterogeneo di strumenti e funzioni che agiscono su livelli differenti: dalla previsione del comportamento strutturale di materiali e componenti alla generazione automatica di forme e immagini, dall'ottimizzazione logistica di un cantiere alla classificazione semantica di grandi moli di dati territoriali. L'AI entra nei flussi di lavoro senza necessariamente sostituire, ma spesso potenziando gli strumenti già esistenti. Nei software di modellazione parametrica, ad esempio, può affiancarsi ai linguaggi visuali per suggerire soluzioni progettuali alternative sulla base di vincoli prestazionali; nei sistemi BIM, può supportare l'analisi predittiva di costi,

*"Il progettista non è più colui
che disegna direttamente
la forma, ma colui che
definisce le condizioni
del processo generativo".*

tempi ed errori ricorrenti; nei modelli FEM, può accelerare la valutazione dei casi limite mediante l'apprendimento automatico di casistiche già simulate. Più che produrre forme inedite, l'AI permette di navigare lo spazio delle possibilità con maggiore velocità, anticipando conseguenze, affinando ipotesi, riducendo le iterazioni manuali. Tuttavia, è proprio questa pervasività, spesso invisibile, a richiedere un salto di consapevolezza: l'ingegnere e l'architetto non sono più semplici utilizzatori di software, ma diventano interlocutori di sistemi complessi, chiamati a progettare non solo oggetti e spazi, ma anche processi, flussi informativi, ambienti operativi.

La competenza tecnica si affianca alla capacità di interpretare, tradurre e selezionare tra alternative prodotte non da una singola volontà, ma da una macchina statistica che riflette, in modo più o meno trasparente, gli assunti su cui è stata costruita.

È in questo contesto che l'intelligenza artificiale cessa di essere uno strumento esterno, per diventare un attore progettuale, una componente attiva del processo decisionale. Non decide al posto del progettista, ma ne condiziona le traiettorie: lo costringe a interrogarsi sul perché di una scelta, sull'origine di una forma, sulla coerenza tra input e output. E nel farlo, lo invita a ripensare la propria funzione,

non più come autore unico, ma come configuratore di regole e scenari.

La rappresentazione, intesa non come mera trascrizione grafica di un'intenzione ma come ambiente critico e operativo in cui il progetto prende forma, è il luogo in cui più intensamente si avverte la trasformazione innescata dall'intelligenza artificiale. Non si tratta di una sostituzione di tecniche, ma di un cambiamento di natura: la rappresentazione non si limita più a restituire ciò che è stato pensato, ma diventa un sistema generativo, capace di restituire forme che non sono state immaginate in anticipo, ma emergono da una combinazione di regole statistiche, pattern ricorrenti e addestramento computazionale.

Nel momento in cui si chiede a un modello AI di generare immagini architettoniche a partire da un testo, un'immagine o una descrizione, una suggestione, un'intenzione formulata in linguaggio naturale, ciò che viene restituito non è un disegno, ma una sintesi visiva di infinite possibilità, un'esplorazione dello spazio latente della forma. Non si genera "un'idea", ma una delle molte configurazioni statisticamente compatibili con quella frase, con quel prompt, con quel tono semantico. La forma, in questo contesto, non è più una soluzione determinata ma una variabile emergente: cambia da un'esecuzione all'altra, varia in funzione di parametri anche minimi, si colloca in una zona intermedia tra il controllo e l'imprevisto.

Questo slittamento modifica anche il ruolo dell'autore. Il progettista non è più colui che disegna direttamente la forma, ma colui che definisce le condizioni del processo generativo. Cura il prompt, seleziona i modelli, imposta i filtri, verifica gli esiti. Non si limita a rappresentare, ma costruisce ambienti di rappresentazione, interfacce logiche entro cui l'immagine può emergere in modo coerente. In questo senso, l'AI non è un'estensione dello strumento, ma un nuovo interlocutore operativo, che pone domande impreviste, restituisce variazioni inattese,



Immagine generata tramite text to image con il seguente prompt: "exterior Modern house with a minimalist, elegant design, featuring large glass windows and sliding doors that showcase the kitchen and living room inside. The exterior is constructed with natural materials like stone walls and wooden paneling, creating a warm, welcoming appearance. The house is surrounded by a balcony or terrace with outdoor seating, facing a panoramic view of the mountains."

obbliga a un'esercitazione continua del giudizio critico.

La rappresentazione, quindi, non viene sostituita né superata, ma si arricchisce di una nuova dimensione operativa, in cui la forma non è più l'esito diretto di un gesto intenzionale, ma il risultato di un processo configurativo che il progettista attiva, orienta e seleziona. L'immagine non è un punto di arrivo, ma un momento intermedio, instabile, aperto alla variazione e al confronto. In questo contesto, l'architetto e l'ingegnere non rinunciano alla propria autonomia critica, ma la esercitano in modo diverso: definendo i parametri, scegliendo i modelli, interpretando gli output, e costruendo, attraverso il progetto, le condizioni entro cui la forma può manifestarsi.

Per comprendere fino in fondo il ruolo progettuale che l'intelligenza artificiale assume nei contesti appena descritti, è necessario chiarire preliminarmente di cosa si stia parlando quando si usa, con sempre maggiore frequenza, l'etichetta "AI". L'espressione "intelligenza artificiale" è ormai entrata nel lessico corrente, utilizzata con disinvoltura tanto nei discorsi pubblici quanto negli ambienti tecnici, ma raramente accompagnata da una comprensione chiara del suo funzionamento effettivo. Spesso evocata come entità autonoma e performativa, l'AI viene rappresentata come un agente dotato di capacità cognitive, in grado di "pensare", "decidere" o addirittura "creare". In realtà, ciò che si definisce oggi come AI, in quasi tutti i contesti progettuali, è il risultato di architetture computazionali addestrate su grandi quantità di dati, strutturate per riconoscere schemi ricorrenti e restituire, sotto forma di output, delle combinazioni statisticamente plausibili di elementi già osservati.

Nel caso dei modelli linguistici di grandi dimensioni, come quelli impiegati nella generazione testuale, il principio di funzionamento si basa sulla previsione della parola successiva, selezionata sulla base della distribuzione probabilistica appresa durante la fase

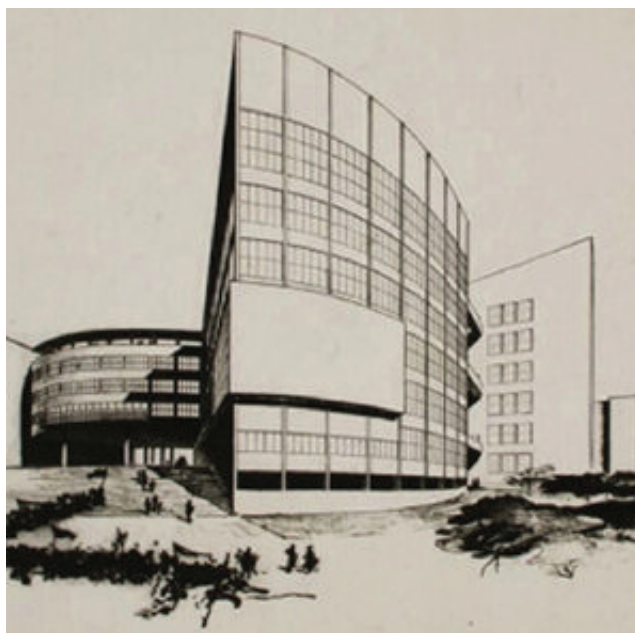
di addestramento. Non vi è comprensione semantica, né intenzionalità: ogni risposta è il frutto di un calcolo su larga scala, non di una riflessione. Analogamente, nei modelli generativi per la produzione di immagini, ciò che viene generato non è un'immagine nuova in senso stretto, ma una sintesi probabilistica nello spazio latente, costruita interpolando milioni di esempi visivi. Questo non implica una mancanza di valore operativo, tutt'altro. La forza dell'AI risiede proprio nella sua capacità di sintetizzare rapidamente una moltitudine di combinazioni, esplorando un campo progettuale più ampio di quello percorribile attraverso la sola azione umana. Tuttavia, è pro-

prio per questa ragione che l'uso di questi strumenti richiede una competenza specifica: sapere come formulare un prompt, come leggere un output, come distinguere tra coerenza visiva e senso progettuale. L'errore non sta nell'affidarsi all'AI, ma nel pensare che basti invocarla per ottenere un progetto.

Comprendere cosa l'AI è, e cosa non è, diventa quindi una condizione preliminare per qualsiasi uso consapevole. Non ci troviamo di fronte a un soggetto pensante, ma a una macchina combinatoria. L'intelligenza, in questo scenario, non appartiene al modello, ma all'ambiente progettuale in cui il modello viene attivato.



Immagine generata tramite text to image con il seguente prompt: "Open-plan living room with modern furniture, featuring a comfortable sofa, a low wooden coffee table, and soft lighting from pendant lamps. Large glass doors that show a mountain view. Decor is minimalistic, with soft, neutral colors and wood panels. There is a cozy, relaxing atmosphere, with a modern fireplace adding warmth. flat ceiling, not fraing window".



A sinistra l'immagine originale del progetto per il Palace of the Soviets (Mosca, 1931, Walter Gropius), a destra la reinterpretazione generata dall'intelligenza artificiale in stile Frank Lloyd Wright.

L'introduzione dell'intelligenza artificiale nei processi di rappresentazione non si esaurisce nella produzione di immagini finali, ma modifica radicalmente le modalità attraverso cui il progettista interagisce con lo spazio del progetto.

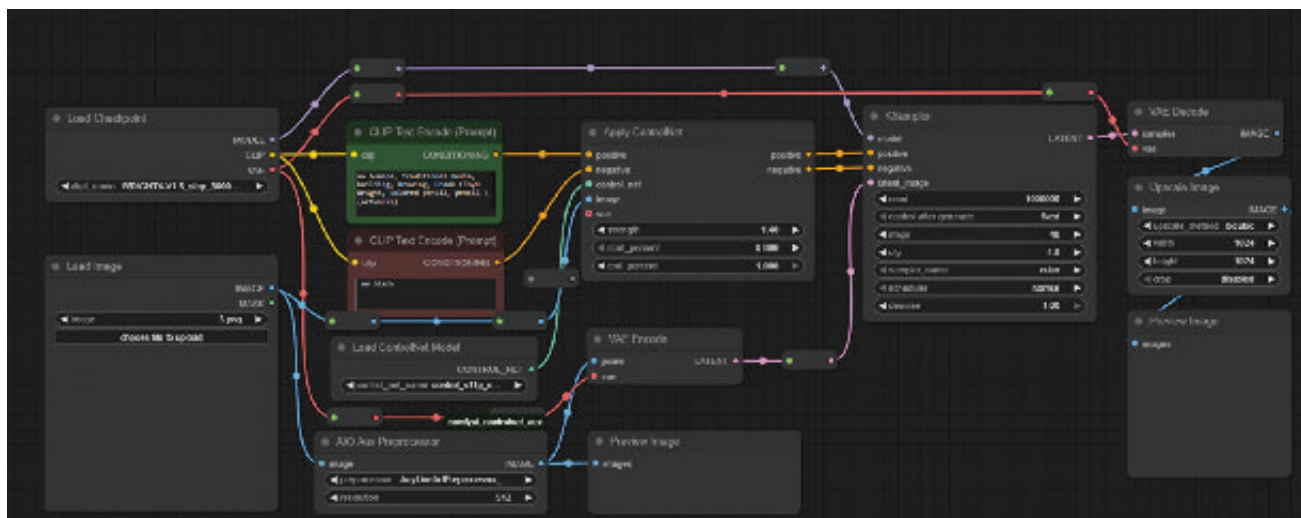
Le interfacce generative, text-to-image, image-to-image, depth-to-image, e varianti ibride, diventano ambienti in cui il progetto non viene semplicemente tracciato, ma attivato

attraverso comandi linguistici, parametri numerici o codici visivi. Non si disegna più direttamente una forma, ma si costruisce un sistema di input da cui la forma può emergere, in modo coerente ma non predeterminato.

Nel caso più noto, quello del text-to-image, la rappresentazione nasce da una descrizione testuale, un prompt, che funge da soglia semantica tra l'intenzione e l'immagine. La scelta delle parole, la loro sequenza, la precisione

terminologica, incidono direttamente sulla configurazione dell'output. Il progettista diventa, in questo contesto, autore di un linguaggio operativo che non descrive la forma, ma ne condiziona la generazione. Scrivere un prompt non è un atto secondario: è la costruzione di una grammatica del possibile.

Altre interfacce, come l'image-to-image, amplificano la continuità con le pratiche tradizionali.



Struttura dell'algoritmo sviluppato in ComfyUI utilizzato per la produzione delle immagini tramite intelligenza artificiale.



A sinistra lo schizzo a mano, prima intuizione del progetto, a seguire le rielaborazioni dell'intelligenza artificiale, che ne propone una possibile interpretazione visiva variandone la resa materica, pur mantenendo coerenza con l'impianto formale.

Uno sketch, un collage, una vista ortogonale possono essere trasformati dall'AI in variazioni coerenti, restituendo versioni materiche, atmosferiche o stilistiche a partire da un tracciato iniziale.

In questi casi, il progetto mantiene una traccia autoriale evidente, ma viene ri-

lanciato dentro uno spazio generativo aperto, in cui le scelte si moltiplicano e si disarticolano rispetto alla linearità del disegno manuale. La natura stessa dell'interfaccia si trasforma: da semplice supporto tecnico a luogo operativo, da strumento passivo a soglia progettuale.

In questo nuovo scenario progettuale, segnato dalla presenza sempre più pervasiva di modelli generativi, non è la centralità del progettista a scomparire, ma la sua postura a trasformarsi. Non si tratta più di disegnare ogni dettaglio, né di delegare alla macchina il compito di produrre forme, ma di costruire un campo operativo entro cui l'AI possa agire in modo controllato, significativo, produttivo.

La figura che emerge non è quella del tecnico-esecutore, né quella dell'autore demiurgo, ma quella del curatore algoritmico: un soggetto capace di definire regole, selezionare strumenti, interpretare esiti. Curare un processo generativo significa progettare il progetto stesso: predisporre le condizioni affinché l'immagine, la forma, lo spazio possano emergere con coerenza interna e valore esterno. Significa muoversi tra linguaggio naturale e rappresentazione visuale, tra regole numeriche e scelte formali, tra ciò che il modello può calcolare e ciò che il contesto richiede.

È un'attività che esige cultura progettuale, sensibilità interpretativa, consapevolezza dei limiti. L'intelligenza artificiale, in questa prospettiva, non sostituisce la visione, ma ne sfida i confini. Sta al progettista decidere se subirne gli automatismi o governarne le possibilità. Per farlo, però, occorre assumere una responsabilità nuova: non nella forma prodotta, ma nel sistema che la rende possibile.

"L'intelligenza artificiale non sostituisce la visione, ma ne sfida i confini: sta al progettista decidere se subirne gli automatismi o governarne le possibilità."



© Mosul Heritage/younis

DALL'UMBRIA AL MONDO.

Dal 1979 realizziamo prodotti di alta qualità per il restauro edilizio e tecnologie innovative di consolidamento strutturale. Da 45 anni siamo **legati all'Umbria** e ai professionisti del nostro territorio con cui abbiamo condiviso tantissimi progetti.

L'esperienza comune ci ha consentito di migliorare nel tempo le nostre soluzioni, rendendo più efficaci materiali e sistemi. L'esperienza, inoltre, ci ha permesso di avere **la gamma più completa in Italia** di sistemi di rinforzo strutturale certificati CVT ed ETA. Grazie all'esperienza, infine, abbiamo contribuito alla salvaguardia del patrimonio in molte situazioni di crisi: dalla ricostruzione del '97 alla messa in sicurezza di Norcia dopo il 2016, fino a Mosul.

In **Iraq** i nostri prodotti sono stati scelti per ricostruire il Minareto pendente "Al-Hadba", fatto esplodere dagli estremisti del 2017. L'opera di riedificazione, realizzata grazie a **UNESCO**, ha restituito al popolo di Mosul un simbolo di resilienza e rinascita, legando per sempre l'Umbria, e il frutto delle nostre comuni esperienze, ad esso. Di questo siamo molto orgogliosi.

LE SFIDE FUTURE SARANNO TANTE, AFFRONTIAMOLE INSIEME.

Per il tuo prossimo progetto, scegli KIMIA.
Scopri le nostre soluzioni nel nuovissimo sito kimia.it



MODELLAZIONE MATEMATICA DI PIATTAFORME AEREE



**Tesi di laurea: sviluppo di un tool
per la previsione del
comportamento dinamico di PLE**

di Giada Alessandrini

In uno scenario tecnologico complesso e sfidante come quello che caratterizza l'epoca in cui viviamo, ottimizzare l'impiego delle proprie risorse risulta imprescindibile per qualsiasi azienda che miri a mantenersi competitiva e a guidare l'innovazione. In questo contesto la simulazione, consentendo di valutare il comportamento e le prestazioni di soluzioni e sistemi prima della loro realizzazione, può contribuire in modo determinante al raggiungimento di una maggiore efficienza e alla riduzione di tempi e costi in numerosi settori industriali. Da tali considerazioni ha preso avvio il progetto di tesi, dal titolo "Sviluppo e validazione di un modello matematico non lineare di piattaforme aeree per la previsione del comportamento dinamico durante la fase di progettazione", elaborato grazie al supporto dei relatori Prof. Filippo Cianetti e Prof. Massimiliano Palmieri e dei correlatori Ing. Alessandro Angeletti e Ing. Giacomo Cangì, professionisti attivi in *Terex*. Il lavoro è infatti stato realizzato grazie alla collaborazione tra il gruppo di Costruzione di Macchine del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia e la suddetta azienda, operante nel settore della produzione di piattaforme mobili elevabili (PLE).

L'approccio tradizionalmente utilizzato in *Terex* per la progettazione di tali attrezzature, usate per accedere in modo sicuro e flessibile a luoghi difficilmente raggiungibili in altezza, si

basa sulla considerazione di carichi particolarmente elevati, principalmente dettati dall'esperienza. Tale pratica genera un sovradimensionamento delle strutture, da cui derivano una serie di inconvenienti come l'incremento del peso oltre il necessario, l'aumento dei costi di produzione, un utilizzo eccessivo di risorse e un impatto ambientale più rilevante. Per garantire l'idoneità delle piattaforme, le direttive aziendali prevedono inoltre che esse vengano sottoposte a test di qualifica della durata di 300 ore condotti lungo un tracciato che le espone a condizioni operative prestabilite.

A titolo esemplificativo due tratti di tale percorso, denominati "Potholes" e "Curbs", sono costituiti da due file distinte rispettivamente di buche e cordoli disposti in modo alternato a destra e sinistra, in modo da sollecitare la piattaforma prima da un lato e poi dall'altro. Tale procedura presenta delle criticità legate al notevole tempo di esecuzione e alla scarsa ripetibilità delle prove, i cui esiti sono fortemente influenzati dalle condizioni meteorologiche e dall'operatore incaricato della guida del dispositivo in esame. In virtù di quanto descritto, l'azienda *Terex* ha intrapreso un percorso volto a dotarsi di strumenti da utilizzare in fase di progettazione per valutare in modo rapido, ma al tempo stesso affidabile, le forze in ingresso sui componenti da dimensionare. A ciò si lega il lavoro di tesi presentato, focalizzato sullo sviluppo di un tool in grado di valutare in

modo efficiente, in corrispondenza di determinate condizioni operative delle PLE, alcune grandezze di interesse sulla base di pochi parametri di base in input, in modo da poter essere utilizzato anche da utenti poco esperti e anche nelle fasi iniziali della progettazione, in un momento precedente alla definizione dei dettagli esatti della geometria e della struttura della piattaforma. Nonostante in commercio siano disponibili molteplici soluzioni utilizzabili per svolgere tali valutazioni, l'azienda ha optato per lo sviluppo di un tool proprietario, evitando di affidarsi a software esterni spesso onerosi e destinati a utenti specializzati. Come riferimento per lo sviluppo dello strumento di simulazione è stato considerato il modello *Genie S-60 FE* (Figura 1), una piattaforma aerea semovente a braccio telescopico; tale scelta non costituisce un limite all'impiego del tool, che può essere utilizzato per analizzare il comportamento di tutti i dispositivi che condividono la

stessa struttura di base, caratterizzata da tre componenti principali: telaio, struttura estensibile e piattaforma.

La piattaforma costituisce l'elemento che consente all'operatore di effettuare le operazioni da svolgere in quota, in quanto può essere spostata nella posizione di lavoro tramite la struttura estensibile, comunemente chiamata "braccio", che la collega al telaio. Quest'ultimo è formato da una parte superiore, il *swing chassis*, che tramite una ralla può ruotare di 360° rispetto alla parte inferiore, il *drive chassis*, a sua volta collegato mediante dei perni agli assali anteriore e posteriore che portano le quattro ruote motrici. L'assale posteriore è oscillante e può ruotare fino a un massimo di 3° rispetto al *drive chassis*, in quanto oltre questo limite i due componenti entrano in battuta; l'assale anteriore è invece collegato al telaio tramite due *oscillate cylinders*, che sono attuatori azionati in funzione dell'orientamento e della posizione relativa tra i due

componenti al fine di assicurare il livellamento idraulico dell'intera piattaforma.

La PLE è stata schematizzata tramite il modello a masse concentrate mostrato in Figura 2, formato da 3 sistemi rigidi: il sistema 1, costituito da *drive chassis*, *swing chassis*, struttura estensibile e piattaforma di lavoro; il sistema 2, composto dall'assale anteriore e dalle ruote ad esso collegate; il sistema 3, formato dall'assale posteriore e dalle ruote ad esso collegate. I perni di collegamento tra il telaio e gli assali anteriore e posteriore sono stati schematizzati con due cerniere (R e T), mentre gli *oscillate cylinders* sono stati modellati con due molle traslazionali di rigidezza k_a e coefficiente di smorzamento c_a . Per simulare il fenomeno della battuta tra *drive chassis* e assale posteriore, in corrispondenza della cerniera T è stata introdotta una molla torsionale di rigidezza k_b definita in funzione dell'angolo relativo tra i due componenti: quando il modulo di tale



Figura 1 - Piattaforma aerea Genie S-60 FE

angolo risulta minore di 3° , a k_b viene assegnato un valore nullo in modo da consentire la libera rotazione dell'uno rispetto all'altro, mentre in caso contrario le viene attribuito un valore molto elevato che genera una coppia tale da impedire ulteriori aumenti dell'angolo. Il comportamento elastico degli pneumatici è stato infine schematizzato tramite quattro molle traslazionali di rigidezze (k_{rA} , k_{rB} , k_{rC} , k_{rD}) e coefficienti di smorzamento (c_{rA} , c_{rB} , c_{rC} , c_{rD}) definiti in modo da poter simulare il fenomeno del distacco delle ruote dal terreno che si verifica realmente durante i test di qualifica delle piattaforme.

In particolare, durante la simulazione dell'evento dinamico, il tool valuta istante per istante se ciascuno pneumatico è a contatto con la strada: quando tale condizione è verificata assegna a rigidezza e coefficiente di smorzamento della molla corrispondente i valori opportuni, mentre in caso contrario gli attribuisce valori nulli in modo che il componente non eserciti forza elastica e di smorzamento

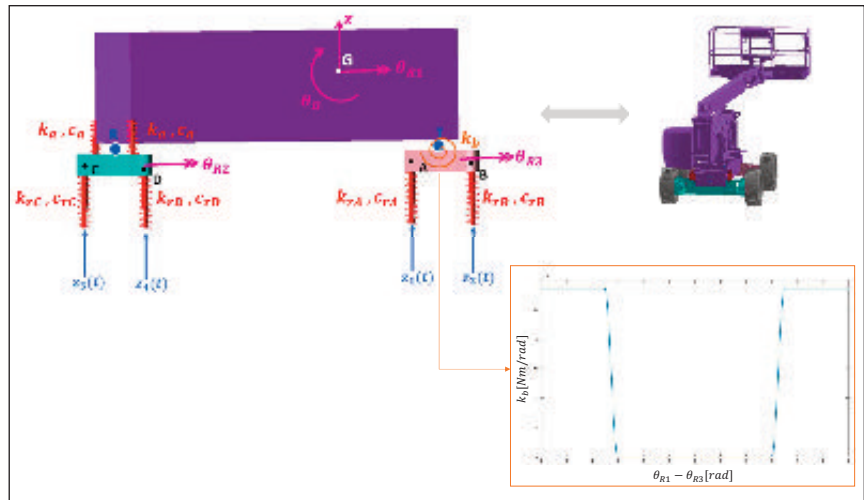


Figura 2 - Modello a masse concentrate della piattaforma

sull'assale. Il sistema descritto presenta 5 gradi di libertà, costituiti dallo spostamento verticale Z dell'intera piattaforma, dall'angolo di beccheggio θ_B dell'intera piattaforma e dai tre angoli di rollio θ_{R1} , θ_{R2} , θ_{R3} dei sottosistemi 1,2 e 3. Fornendo degli opportuni ingressi in spostamento (z_1 , z_2 , z_3 , z_4) in corrispondenza dei quattro pneumatici e risolvendo le equazioni

del moto proprie del modello è possibile simulare il comportamento della piattaforma durante il test di qualifica. Le equazioni del moto sono state ricavate utilizzando l'approccio Lagrangiano e sono state formulate in forma matriciale definendo le matrici di massa, smorzamento e rigidezza proprie del sistema, secondo una formulazione del tipo:

$$[M]_{(5 \times 5)} \begin{Bmatrix} \ddot{Z} \\ \ddot{\theta}_B \\ \ddot{\theta}_{R1} \\ \ddot{\theta}_{R2} \\ \ddot{\theta}_{R3} \end{Bmatrix} + [C]_{(5 \times 5)} \begin{Bmatrix} \dot{Z} \\ \dot{\theta}_B \\ \dot{\theta}_{R1} \\ \dot{\theta}_{R2} \\ \dot{\theta}_{R3} \end{Bmatrix} + [K]_{(5 \times 5)} \begin{Bmatrix} Z \\ \theta_B \\ \theta_{R1} \\ \theta_{R2} \\ \theta_{R3} \end{Bmatrix} = [E]_{(5 \times 8)} \begin{Bmatrix} \dot{z}_1 \\ \dot{z}_2 \\ \dot{z}_3 \\ \dot{z}_4 \\ z_1 \\ z_2 \\ z_3 \\ z_4 \end{Bmatrix} + \begin{Bmatrix} -m_{tot} \cdot g \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}.$$

Le matrici non risultano diagonali in quanto le 5 equazioni del moto sono fortemente accoppiate; sono inoltre caratterizzate da coefficienti che non rimangono costanti nel corso della simulazione in virtù dei parametri non lineari presenti nel modello (la rigidezza e il coefficiente di smorzamento delle molle rappresentanti gli pneumatici e la rigidezza torsionale della molla introdotta per simulare la battuta). Il tool risolve il sistema di equazioni differen-

ziali in ambiente *Matlab*, utilizzando il solver ODE45 all'interno di un ciclo "FOR" strutturato in modo da risolvere a ogni iterazione un intervallo di campionamento, secondo la logica mostrata in *Figura 3*.

Se si prende in considerazione un generico intervallo temporale $[t_i, t_{i+1}]$, si ha che all'inizio dell'iterazione sono noti sia i valori dei gradi di libertà, sia quelli delle loro derivate, che per il primo passo corrispondono alle con-

dizioni iniziali, mentre per i successivi coincidono con i valori finali dell'intervallo precedente. A partire da tali grandezze è possibile determinare i valori da assegnare ai parametri non lineari nell' iterazione corrente.

In primo luogo, tramite le relazioni cinematiche dei corpi rigidi, è possibile derivare posizione e velocità di tutti i punti costituenti la piattaforma, e di conseguenza anche le traslazioni verticali dei centri dei quattro pneumatici

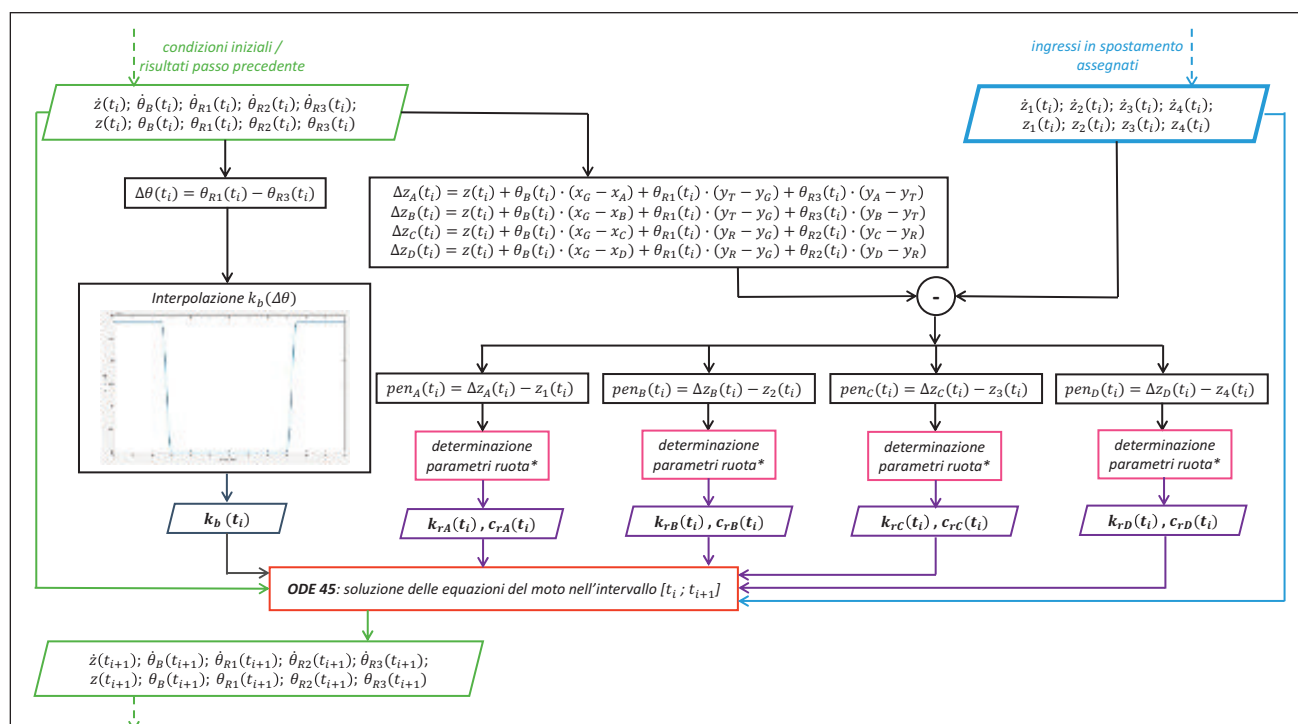


Figura 3 - Logica alla base del tool

($\Delta z_A, \Delta z_B, \Delta z_C, \Delta z_D$); confrontandole con gli ingressi in spostamento forniti è possibile verificare se ciascuna ruota è distaccata o meno da terra e attribuire di conseguenza i valori opportuni di rigidità e coefficiente di smorzamento alle molle corrispondenti. Inoltre, nota la differenza tra gli angoli di rollio dei sistemi 1 e 3, è possibile interpolare il grafico relativo alla rigidità della molla torsionale, ottenendo il valore di k_b da utilizzare nell'iterazione corrente.

Successivamente, noti i valori dei parametri non lineari, degli ingressi e delle condizioni iniziali dell'iterazione, tramite ODE45 è possibile risolvere le equazioni del moto nell'intervallo di tempo considerato, ottenendo le condizioni iniziali da utilizzare nel passo successivo.

La soluzione delle equazioni del moto consente di conoscere gli andamenti temporali dei cinque gradi di libertà del sistema a partire dai quali, tramite le equazioni cinematiche dei corpi rigidi, è possibile determinare posizione e velocità di tutti i punti della piatta-

forma. Risulta quindi immediato il calcolo delle forze di interesse in fase di progettazione, che sono quelle esercitate dagli pneumatici sugli assali,

quelle esercitate dagli oscillatori cylinders e le reazioni vincolari delle cerniere rappresentanti i perni anteriore e posteriore. In particolare, le forze degli

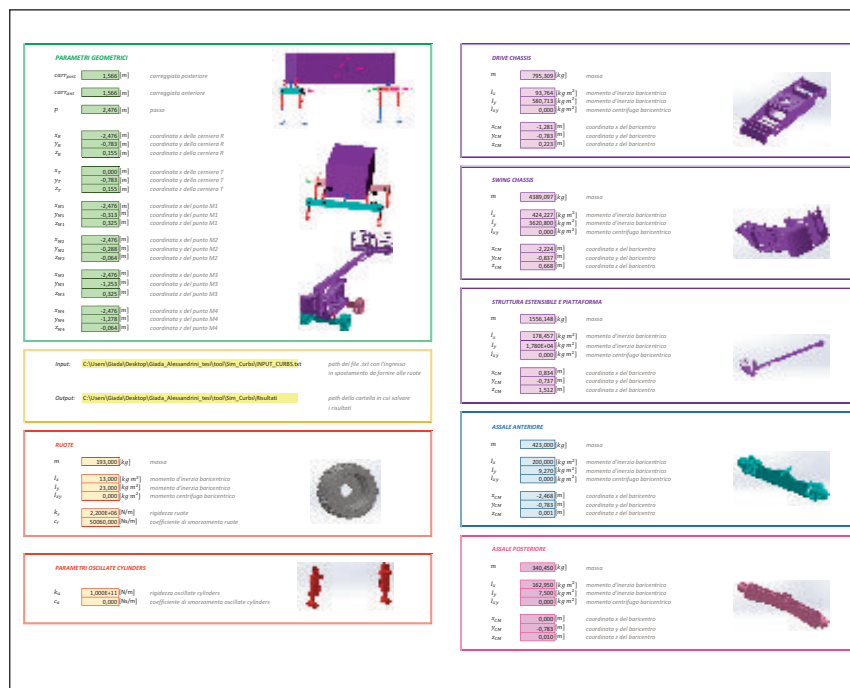


Figura 4 - Interfaccia del tool

pneumatici e degli *oscillate cylinders* sono ottenibili a partire da posizione e velocità dei due estremi delle molle con cui tali componenti sono stati schematizzati, mentre le reazioni vincolari delle due cerniere R e T si possono determinare formulando le equazioni cardinali della dinamica rispettivamente per i sistemi 2 e 3.

Il tool sviluppato può essere utilizzato in modo facile e intuitivo, in quanto è in grado di eseguire i calcoli descritti in modo automatico, richiedendo come input solo semplici parametri geometrici e inerziali della piattaforma che possono essere forniti da un generico utente tramite l'interfaccia mostrata in *Figura 4*. Da qui *Matlab* attinge i dati necessari, esegue la simulazione e salva le storie temporali delle grandezze di interesse in un percorso scelto dall'utente.

I risultati ottenuti tramite l'utilizzo del tool sono stati validati realizzando in ambiente *Adams* un modello Multi-Body della piattaforma corrispondente a quello analitico precedentemente descritto, in cui sono stati introdotti dei veri e propri pneumatici tramite il modulo *Adams Tire*.

Al sistema matematico e a quello multicorpo, considerato rappresentativo del comportamento reale della piattaforma, sono stati applicati analoghi ingressi in spostamento corrispondenti al tracciato *Curbs*; in *Figura 5* sono mostrati, a titolo esemplificativo, alcuni risultati relativi a gradi di libertà e forze. Dal confronto tra le storie temporali emerge una corrispondenza tra gli andamenti ottenuti con i due strumenti, a meno di piccole differenze che diventano trascurabili se si considerano i cumulativi di carico, che costituiscono le grandezze di maggior interesse in fase di progettazione.

Emerge inoltre come il tool permetta di simulare in modo realistico anche il fenomeno non lineare del distacco dello pneumatico dal suolo, che si verifica negli istanti in cui la forza della molla corrispondente assume valore nullo.

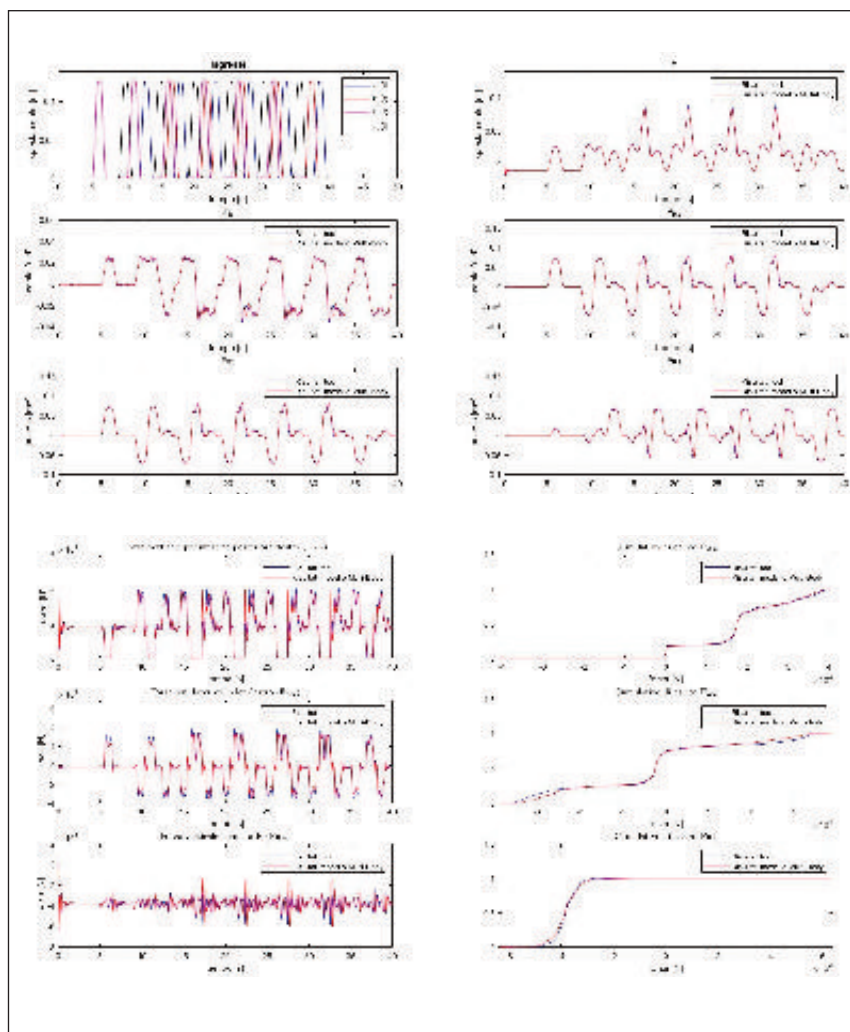


Figura 5 - Risultati: Tool VS. Modello Multi-Body

In conclusione, i risultati ottenuti suggeriscono che il programma ha conseguito in modo soddisfacente gli obiettivi prefissati, dimostrando di essere in grado di prevedere il comportamento delle piattaforme sull'intero percorso di prova in un arco temporale contenuto e di fornire in modo rapido e affidabile valori verosimili, seppur approssimati in virtù della semplicità del modello, dei carichi da utilizzare per il dimensionamento.

Tali forze potrebbero essere maggiorate con coefficienti di sicurezza scelti in modo opportuno ma non raggiungerebbero comunque i valori eccessivamente elevati attualmente utilizzati,

limitando il problema del sovradimensionamento delle PLE progettate dall'azienda.

In ultima istanza la semplicità del modello e i pochi parametri di input necessari, oltre a garantire un utilizzo semplice e intuitivo del tool, ne consentono l'impiego in una fase preliminare della progettazione, precedente alla definizione dei dettagli geometrici delle piattaforme.



GENERALE PREFABBRICATI
BUILDING MATERIALS

Esperienza, talento,
tecnologia e sostenibilità:
costruiamo il futuro
con visione ed energia,
ogni giorno.

BUILDING MATERIALS



Generale Prefabbricati Spa
www.generaleprefabbricatipa.com

INGEGNERI IN FESTA

**Cena d'Estate all'insegna
dei riconoscimenti per il
percorso professionale**

la Redazione

Tradizionale appuntamento per l'Ordine e la Fondazione degli Ingegneri della provincia di Perugia con la Cena d'estate. In quattrocento si sono ritrovati, venerdì 4 luglio, alla Tenuta di Castelbuono, a Bevagna, per una visita guidata al Carapace e per trascorrere una serata insieme prima della pausa estiva. La serata è iniziata proprio con la visita al Carapace, la prima scultura al mondo in cui è possibile lavorare e abitare, che, come noto, ospita la cantina e la bottaia sotterranea della Tenuta Lunelli.

Il Carapace è opera del grande scultore Arnaldo Pomodoro che è recentemente scomparso.

Un'occasione ulteriore per rendere omaggio a un maestro dell'arte che ha saputo approcciarsi alla materia in maniera unica, trasformando, come in questo caso, un'opera in una struttura funzionale. Alla serata hanno preso parte anche il sottosegretario all'Interno, Emanuele Prisco, l'assessore all'ambiente del Comune di Perugia, David Grohmann, e il consigliere del Consiglio nazionale degli Ingegneri, Alberto Romagnoli, oltre a molti rappresentanti di altri Ordini professionali. Nel corso dell'evento sono stati premiati i colleghi che hanno raggiunto nel corso dell'anno 2024, i 25 e 50 anni dall'anno di laurea. Per i cinquant'anni dalla lau-





rea, sono stati premiati Giuseppe Artegiani, Viscardo Baldoni, Domenico Barbi Domenico, Luigi Benincampi, Sebastiano Coletti, Luciano Fioroni, Fausto Fiorucci, Domenico Freddio, Francesco Mannocchi Francesco, Mario Mariucci, Franco Nanni, Stefano

Rampini, Stefano Tarpani, Mario Traversini, Giuliano Valeriani, Nicola Primo Zema, Paolo Zucconi.

Per i venticinque anni di laurea sono stati premiati Marco Abram, Andrea Adriani, Michele Agostini, Elisabetta Aisa, Filippo Alberati, Fabrizio Ale-

manno, Massimiliano Bagagli, Alessandro Bartolucci, Fabio Batocchi, Maria Elena Bececco, Andrea Bianchi, Andrea Bonaca, Paolo Bordichini, Andrea Bornicchia, Fabrizio Bosi, Marco Breccolotti, Francesco Calabresi, Sergio Calabrò, Gianluca Capitini, Mirko Castellani, Mauro Castellarin, Alessandro Catani, Leonardo Ciarapica, Paola Codignoni, Gabriele Commodi, Sara Cortona, Pasquale Cosco, Alessandro De Maria, Roberto Deli, Gianluca Dominici, Iacopo Maria Ferri, Marco Ferroni, Adam. Fortini, Luca Fortunato, Andrea Franceschini, Raffaella Franchini, Gianluca Gammaitoni Gianluca, Chiara Goretti, Pasquale Iantomasi, Gabriella Ingegneri, Paolo Lucheroni, Alberto Ludovisi, Paolo Maggiorana, Andrea Marcantonini, Monia Mariani, Maurizio Marinangeli, Dioniso Marini, Francesco Marozzi, Luigi Menzà, Mauro Monacelli, Luca Morelli, Andrea Moretti, Nicola Murino, Emanuele Naccini, Stefano Ortica, Simone Panico, Simone Pedetti, Lorenzo Pesci, Canio Petrarà, Francesco Piselli, Nicola Porzi, Andrea Pucci, Vincenzo





Pujia, Mauro Ragni, Andrea Ridoni, Silvano Romani, Sara Rossi, Luca Sonno, Gabriele Spigarelli, Gianluca Spoletini, Fabrizio Stronati, Luca Torti, Leonardo Trombettoni, Michele Vagheggini, Enzo Vantaggi, Angelo Vitale. I Consiglieri della Fondazione Ordine Ingegneri di Perugia hanno inoltre pre-



miato i neolaureati in Ingegneria dell'Università degli Studi di Perugia per le migliori tesi di laurea relative al bando 2024; in particolare, al primo posto Federico Aprile con la tesi di laurea in Ingegneria Edile architettura "Microclimate Urban Transects in Commercial Areas: Strategies for De-

tecting Environmental Vulnerabilities – A Case Study in Perugia" (Relatore: prof.ssa Anna Laura Pisello), al secondo posto Azzarelli Michele con la tesi di laurea in Ingegneria Civile "Monitoraggio sismico di strutture esistenti: applicazione al caso studio dell'aula magna del rettorato dell'Uni-





versità di Perugia” (Relatore: prof. Marco Breccolotti), al terzo posto Fratta Gaia con la tesi di laurea in Ingegneria Civile “*Analisi statistica delle rotture nella rete di distribuzione di Padova e possibili effetti di grandi utenze*” (Relatore: prof.ssa Silvia Meniconi). “Questo momento di condivisione è l’occasione per augurarci una buona estate, ma anche per rinnovare l’impegno a sostegno della professione e dei settori in cui i nostri iscritti sono al lavoro quotidianamente, tanto

nel settore privato che in quello pubblico. Costruire e ricostruire, recuperare ed essere sostenibili. Sono impegni che dobbiamo portare avanti grazie alla professionalità e alla formazione continua che sono indispensabili per affrontare le sfide sempre nuove che ci si presentano. Dobbiamo pensare anche alle nuove generazioni, ai professionisti di domani di cui, in alcuni settori in particolare, come l’ingegneria civile, c’è grande bisogno. Per questo puntiamo a sostenere chi vuole

intraprendere questa strada. Difficile, certo. Ma ricca di soddisfazioni se affrontata nell’unico modo possibile: quello della preparazione e dell’efficienza. A tutti i nostri iscritti auguriamo una buona estate in vista di un autunno ricco di nuovi traguardi da raggiungere”. Così il consiglio direttivo dell’Ordine degli Ingegneri della provincia di Perugia ha voluto sottolineare l’appuntamento estivo che è un momento di svago, ma anche di riflessione condivisa sulla professione.





STUDIO18
sketch to BIM

BIM

MODELLIAMO LE TUE IDEE

GARE
CONSULENZA
ASSISTENZA P.A.
PROGETTAZIONE
VERIFICA DI VALIDAZIONE
AS BUILT



Dasa-Räger

Consulenza e
progettazione nel campo
dell'ingegneria civile

UNI EN ISO 9001:2015
Certificato n. IQ-0521-02



Esperto in Building
Information Modeling
BIM Manager

UNI 11337-7:2018
Certificato n. 19-06635

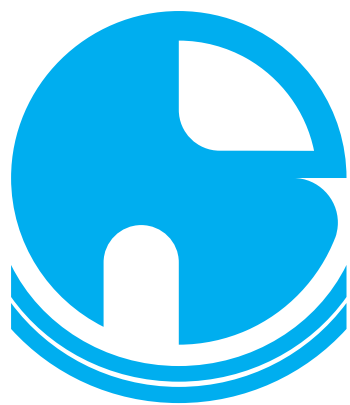


Esperto in Building
Information Modeling
BIM Coordinator

UNI 11337-7:2018
Certificato n. 23-02386



f Studio 18
@ studio_diciotto
in Sergio Falchetti



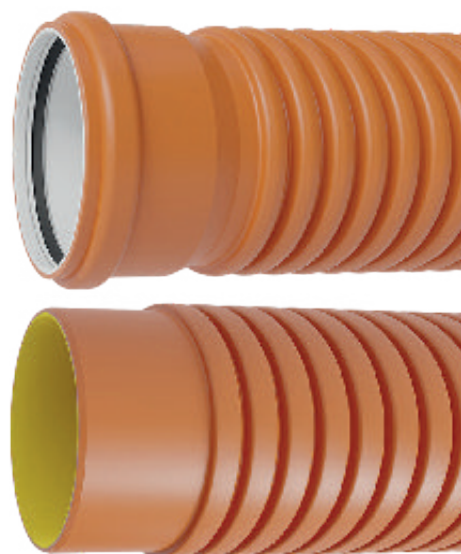
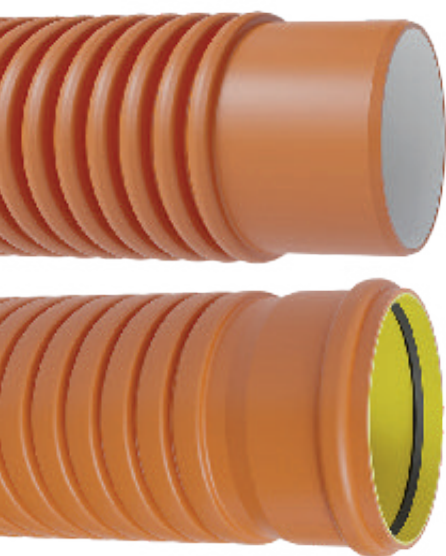
riccini

qualità e innovazione nei tubi dal 1952

100% PRODOTTI IN ITALIA

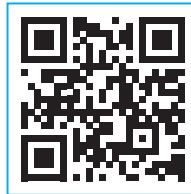
kingcor e sedici plus: QUANDO CONTANO I FATTI E NON LE PAROLE...

A oggi, **KINGCOR** e **SEDICI PLUS** in **PP-HM** di **RICCINI**, sono **ISOLI** tubi in grado di raggiungere questi valori **SENZA CAMBIARE PRODOTTO** e **SENZA BISOGNO DI ACCESSORI**



*requisiti di norma: **+ 0,5 bar** in pressione e **- 0,3 bar** in depressione

www.riccini.it



Via Loredana, 34 - 06132 Perugia (PG) Loc. San Martino in Campo - Italy
 +39 075 591031 info@riccini.it Riccini S.r.l. Riccini S.r.l.