



Uni(we)Lab

Transizione sostenibile

Il cantiere e le infrastrutture

a cura di Daniele Soraggi, Alessandro Carfi

Collana diretta da

Christiano Lepratti
(Università di Genova)
Renata Morbiducci
(Università di Genova)

Comitato scientifico

Carmen Andriani
(Università di Genova)
Thomas Auer
(Technische Universität München)
Umberto Berardi
(Ryerson University)
Enrico Dassori
(Università di Genova)
Andrea Giachetta
(Università di Genova)
Marylis Nepomechie
(Florida International University)
Thomas Spiegelhalter
(Florida International University)

Uni(We)Lab
Transizione sostenibile
Il cantiere e le infrastrutture

a cura di Daniele Soraggi, Alessandro Carfi



è il marchio editoriale dell'Università di Genova



Il presente volume è la seconda pubblicazione del progetto editoriale avviato in seguito alla stipulazione di un accordo quadro tra l'Università di Genova e Webuild S.p.A., che ha portato alla creazione di UniWeLab, presentato il 25 febbraio 2021. UniWeLab è un laboratorio di ricerca congiunto e multidisciplinare che indaga tematiche innovative e di interesse condiviso tra UniGe e Webuild S.p.A.

© 2025 GUP

I contenuti del presente volume sono pubblicati con la licenza
Creative commons 4.0 International Attribution-NonCommercial-ShareAlike.



Alcuni diritti sono riservati

ISBN 978-88-3618-298-5
e-ISBN (pdf) 978-88-3618-299-2

Pubblicato a gennaio 2025

Realizzazione Editoriale
GENOVA UNIVERSITY PRESS
Via Balbi 5, 16126 Genova
Tel. 010 20951558
e-mail: gup@unige.it
<https://gup.unige.it>

Stampato presso
Settore graphic design e centro stampa
dell'Università di Genova

//Indice

//00 UniWeLab un cantiere per le infrastrutture e le idee di domani	10
//00 UniWeLab tra formazione e ricerca: indagare l'ignoto	14
//00 Costruire il domani: l'innovazione attraverso la collaborazione	16
<hr/>	
//01 Costruzioni e cambiamenti climatici: idee verso una neutralità?	22
//02 Gli ostacoli allo sviluppo innovativo nel settore delle costruzioni	26
//03 Prospettive di innovazione tecnologica: le costruzioni civili 4.0	32
//04 Il PNRR libera nuovi grandi cantieri: saper cogliere le opportunità	38
//05 I materiali per l'innovazione: una nuova frontiera per le costruzioni?	46
//06 I processi innovativi e le tecnologie emergenti: breve analisi	52
//07 Interfacce per l'interazione tra uomo e robot, oltre lo schermo	58
//08 Ambienti urbani in condivisione uomo-robot e infrastrutture	64
//09 Innovazione tecnologica nell'AEC: fiducia e trasparenza	72
//10 Non inventare di nuovo la ruota da zero: imitare per innovare	76
//11 Storie di scavi: metodo tradizionale e metodo meccanizzato	82
//12 Appunti dal Campo Base: eterotopie urbane oltre la città	88

//13 Il paradigma genovese: sinergie tra i grandi cantieri urbani	94
//14 Le sfide per digitalizzare le costruzioni secondo Webuild	104
//15 Manutenzione TBM: può la tecnologia proteggere l'uomo?	112
//16 Intelligenza Umana e Artificiale: considerazioni e riflessioni	118
//17 Puzzle digitale per il monitoraggio e la gestione del SAL	124
//18 Robot dove non ti aspetti: soccorritori, astronauti e agricoltori	130
//19 Esperienze di crisis management nella sicurezza in cantiere	136
//20 Business Plan: strumento per valutare l'innovazione vincente	146
//21 Dal progetto al cantiere: un trasferimento tecnologico in atto	152
//22 Il futuro delle grandi opere: tra economia circolare e tecnologia	160
//23 Digitalizzare l'impresa: l'approccio all'open innovation	166
//ZZ Anche il no è positivo. Costruire su una tela bianca	176

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

//xx Hackathon

//xx Tesi

//xx X-Fertilization

//xx Letteratura

//xx UniWeTalk

//00

UniWeLab un cantiere per le infrastrutture e le idee di domani

Daniele Soraggi

// INTRO

Transizione sostenibile – Il cantiere e le infrastrutture è il secondo volume dedicato al laboratorio interdisciplinare UniWeLab e ai suoi studenti. Se *Mobilità sostenibile – La Sopraelevata* poneva l'accento su un unicum infrastrutturale da ripensare, questo secondo atto – per rimanere in linea con la teatralità della mia conclusione al primo volume – sposta l'attenzione a una scala maggiore senza abbandonare il fil rouge della sostenibilità.

Infatti, come si intuirà leggendo le pagine seguenti, la sostenibilità rimane un obiettivo da perseguire sia per l'esigenza di progettare in comunione un futuro in grado di non alterare gli equilibri del pianeta, sia come opportunità per il rilancio socioeconomico del Paese. Non a caso il titolo di questo volume è *Transizione sostenibile*, a richiamare l'attenzione nell'avviare un processo cul-

turale che vede nel 2050 il traguardo dell'impatto climatico zero per l'Unione Europea. Infatti, sotto diversi punti di vista, il sistema di infrastrutture che disegna la logistica di persone, merci, energia e informazioni del nostro Paese è la causa principale dell'impatto antropico a livello climatico, tanto da causare oltre il 25% delle emissioni totali di gas serra. E, per combattere gli effetti sempre più dirompenti del cambiamento climatico, sono necessarie azioni di contrasto guidate da politiche altrettanto proattive e a sostegno della transizione già annunciata nel titolo.

Citando quanto scritto dall'ex ministro delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili Enrico Giovannini nella prefazione al Rapporto della Commissione "Cambiamenti climatici, infrastrutture e mobilità sostenibili", le infrastrutture e i sistemi di mobilità ricoprono un ruolo cruciale nella trasformazione del sistema socioeconomico all'insegna della sostenibilità, in quanto rappresentano un elemento decisivo dello sviluppo di un Paese.

Siamo chiamati, per poter fronteggiare al meglio le prospettive e gli scenari previsionali futuri, a cambiare il modo attraverso cui ci si avvicina alla progettazione, alla realizzazione e al rinnovamento delle infrastrutture. Tra gli strumenti attivi attraverso cui pianificare lo sviluppo dei decenni futuri, la resilienza sembra essere la parola chiave, ma come si può rendere resiliente un oggetto che grava in maniera prepotente sul territorio e sulle abitudini delle persone - spesso cambiandole in maniera decisiva?

Affinché si possa raggiungere la resilienza, definita come la capacità di adattamento e di continuità di erogazione di un servizio senza un supplemento della richiesta di risorse, è necessario e doveroso ripensare anche l'atto costruttivo di una infrastruttura di trasporto. Rifondare le basi di un processo consolidato non è un'azione facile, ma un possibile percorso da seguire è quello tracciato dall'implementazione di tecnologie digitali e robotiche a supporto del regolare flusso di lavori al fine di minimizzare i consumi di risorse, ridurre tempi e rischi e avere conoscenza e consapevolezza costante dello stato dell'infrastruttura.

Ma come può avvenire questo processo se, come si vedrà nelle pagine seguenti, il settore delle costruzioni è per natura restio al cambiamento? Questo volume tenterà di dare una risposta alla domanda attraverso le esperienze maturate durante i mesi dagli studenti di UniWeLab secondo una struttura logica e sequenziale che accompagnerà il lettore dalla prima all'ultima pagina attraverso visioni macroscopiche sull'andamento dei trend a livello globale sul cambiamento climatico e le sue ricadute sul settore delle grandi opere e con inquadrature

sempre più di dettaglio in grado di individuare punti di connessione tra il mondo della robotica e le costruzioni.

Oppure seguendo una struttura tematica che connette i contributi scritti dai vari autori in base alla loro corrispondenza con le attività del laboratorio svoltesi da aprile 2022 a ottobre 2023. La suddivisione tematica aiuta il lettore a capire l'origine dell'articolo che sta leggendo e quale sia il processo che ha portato alla sintesi tra le sue mani.

- Letteratura: va a raggruppare tutti i contributi che riguardano la formazione di conoscenze di base necessarie per comprendere il legame tra infrastrutture e loro costruzione e l'innovazione digitale, e quale sia lo stato di indagine a livello accademico sul settore. Sono contributi necessari per avere una spolverata di informazioni di base e individuare il percorso da seguire per procedere correttamente con le ricerche di UniWeLab.
- Hackathon: durante il percorso intrapreso da UniWeLab sono state organizzate attività didattiche frontali e pubbliche con la volontà di aprire una finestra sull'ignoto, un universo che un parterre di studenti eterogeneo non avrebbe avuto la possibilità di vedere durante il proprio regolare percorso di studio. *Cambiamento climatico. Quarta rivoluzione industriale. Uomini e robot. Intelligenza artificiale.*
- Tesi: i contributi segnati da questa voce sono estratti dalle tesi di laurea degli studenti che, partecipando alle attività da noi proposte, hanno deciso di approfondirle e renderle parte integrante e conclusiva del loro percorso accademico.
- UniWeTalk: con questa parola macedonia che unisce UniWeLab e *talk*, inteso come chiacchiere, si vanno a racchiudere tutte le Lecture di approfondimento per poter accelerare il processo di formazione. Parte fondamentale per garantire il regolare aggiornamento delle conoscenze degli studenti e per avviare una fase di chiacchiera e dibattito in grado di indirizzare gli incontri futuri verso nuovi spunti di interesse.
- X-Fert: è una abbreviazione di Cross-fertilization, un termine inglese che indica il processo di fertilizzazione incrociata, originariamente applicato al mondo della botanica, estrapolato per applicarlo al processo di innovazione industriale. Come si vedrà all'interno dei contributi corrispondenti, si analizzano gli effetti che le ultime innovazioni introdotte in altri settori industriali avrebbero se implementate nella costruzione e gestione di infrastrutture sostenibili.

Voglio chiudere questo cappello introduttivo, inizialmente ideato per definire i confini teorici in cui si sarebbero mossi i contributi presenti all'interno del volume, ringraziando tutti coloro che ne hanno reso possibile la realizzazione. In primis Enrico Musso e Ilaria Delponte, i curatori del primo volume di questa serie, che hanno dettato il percorso da seguire con i nuovi progetti e le e nuove pubblicazioni che coinvolgono UniWeLab. Rimanendo all'interno dell'Università di Genova è opportuno menzionare Alessandro Carfi, curatore insieme a me di questo volume e capace di avvicinare al mondo della robotica un parterre di studenti che mai avrebbero pensato di approfondirne le potenzialità. Con lui anche il professor Fulvio Mastrogiovanni, che ha messo a disposizione la sua conoscenza nella pianificazione delle relazioni uomo-robot per poter alimentare ulteriormente la formazione di UniWeLab.

A concludere la sezione introduttiva, nelle pagine successive, ci sarà modo di leggere anche il contributo di Giampiero Astuti – Innovation Program Management Director di Webuild – e Luca Sivieri – BIM Manager di Webuild – a dare maggiore rilevanza al ruolo cruciale che l'azienda ricopre nel concretizzare e tracciare il percorso da seguire dalle attività mettendo a fuoco le criticità emergenti dall'esperienza diretta maturata durante le realizzazioni di grandi opere.

Infine sono grato a tutti gli studenti che hanno partecipato al laboratorio e che ringrazierò in rigoroso ordine alfabetico: Pietro Berutti, Federica Bisi, Simone Bruni, Federico Campanini, Rebecca Carrea, Andrea Chiaramonte, Valentina Costa, Gabriele Ivano D'Amato, Andrea Limone, Alberto Marengo, Mirko Minnella, Mateusz Pietrowski, Mario Prato, Giovanni Rocca, Alice Rollero, Serena Scelza, Ginevra Testa e Caterina Torterolo.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

//00

UniWeLab tra
formazione
e ricerca:
indagare
l'ignoto

Ilaria Delponte
Fulvio Mastrogiovanni

// INTRO

Il presente volume riassume le risultanze delle investigazioni condotte nell'ambito del secondo anno di attività del laboratorio UniWeLab. Di quali indagini si tratta?

La “natura” di UniWeLab è composta: fin dal suo avvio ha voluto confrontarsi con le missioni primarie dell'università, la didattica e la ricerca, considerato che la cosiddetta “terza missione” era già parte integrante dell'Accordo che sancisce il rapporto reciproco fra Webuild e UniGe. Come un Giano bifronte, dunque, UniWeLab ha cercato di portare avanti nell'arco temporale di un anno un tema comune che potesse essere declinato nelle sue parti più avanzate da giovani (e meno giovani) ricercatori e da studenti in formazione. Le indagini sopracitate hanno approfondito in questo anno

un tema attuale e dibattuto quale quello dell'innovazione digitale e robotica nell'ambito del cantiere infrastrutturale. Partendo da sorgenti molto eterogenee e da risorse umane variegata, le risultanze hanno chiaramente espresso un mix difficile a trovarsi di riflessioni, casi studio, prime applicazioni e prospettive. Inutile rimarcare qui in introduzione – lo faranno molto estesamente alcuni contributi del volume – la 'fame' di innovazioni in un settore orientato alla tradizione e ai valori deontologici come quello dell'industria delle costruzioni. Qui invece ci piace sottolineare come a comporre il team dei ricercatori (e quindi autori) siano stati studenti triennali e magistrali di corsi di laurea che vanno dall'Ingegneria alle Scienze Politiche, dall'Economia all'Ambiente. Parte rilevante e guida del Gruppo sono gli ingegneri civili e robotici, che hanno lavorato gomito a gomito per la realizzazione di una ricerca a volte condotta 'senza rete' avventurandosi in cammini inesplorati, a volte ben consolidata su alcuni spunti e realizzazioni similari quanto a interesse.

Cosa ne è emerso? Innanzitutto, molti campi di applicazione possibile. Due in primis: la dematerializzazione e automazione della rilevazione dello stato avanzamento del cantiere è di primaria importanza per la costruzione delle grandi opere infrastrutturali. Un'ulteriore aspettativa si concentra sulle operazioni di manutenzione che vengono condotte sulle Tunnel Boring Machine per la realizzazione delle gallerie: soprattutto la manutenzione e la sostituzione degli strumenti di fresatura necessitano di azioni condotte in condizioni ambientali uniche e particolari che si tenta il più possibile di controllare da remoto. Quesiti concreti dunque, seri e puntuali.

...cosa dice la robotica su questo... i passi avanti delle tecnologie...

Sugli argomenti citati, UniGe si è inoltre confrontata nell'organizzazione di un Hackathon che coinvolgesse nuovi talenti spingendoli ad affrontare le problematiche proposte dall'azienda e dall'Accademia. Come avevamo riscontrato anche l'anno scorso, i premiati erano tutti giovanissimi, "senza esperienza" si potrebbe dire con un linguaggio da domanda-offerta di lavoro. Motivati e liberi dagli schemi, hanno saputo interessare la giuria di esperti e colpire per la loro determinazione. Sembrano piccoli semi quelli piantati nell'arco dell'anno, ma dalla ricchezza del volume si potrebbe dire che il raccolto si preannuncia abbondante. Pur facendo quotidianamente ciò che dall'Università e dall'Industria ci si attende, non ci sfugge il fatto che – nella coscienza dei nostri limiti – cerchiamo di offrire un contributo anche alle sfide del Paese.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

//00

Costruire il domani: l'innovazione attraverso la collaborazione

Giampiero Astuti,
Innovation Program Management Director Webuild
Luca Sivieri,
BIM Manager Webuild

// INTRO

UniWeLab giunge al suo secondo anno consolidando il percorso verso una prospettiva innovativa nel campo delle infrastrutture complesse. In un contesto sempre più focalizzato su qualità, ambiente e sicurezza, le esigenze tecnologiche giocano, oramai, un ruolo cruciale. È quindi fondamentale studiare e innovare attraverso soluzioni tecnologiche all'avanguardia e nuovi sistemi avanzati in grado di monitorare e preservare l'ambiente e garantire la sicurezza dei lavoratori. La convergenza di tali innovazioni tecnologiche e metodologiche risulta critica per affrontare le attuali sfide legate al mondo delle infrastrutture in modo pronto ed efficace.

Tra le principali tematiche sfidanti che hanno impegnato UniWeLab in questo nuovo anno di iniziative, vanno sicuramente menzionate: lo studio e l'analisi di

possibili soluzioni volte a remotizzare e automatizzare alcune lavorazioni pericolose in ottica preventiva – in particolare legate al mondo delle Tunnel Boring Machine (TBM) – e il monitoraggio attivo delle lavorazioni in cantiere attraverso tecniche digitali avanzate. Le TBM stanno rivoluzionando il settore delle costruzioni complesse sotterranee. Webuild, in particolare, risulta essere un importante operatore nel campo dello scavo meccanizzato, con oltre trenta TBM attualmente in funzione, che prevedono l'impiego di centinaia di specialisti di decine di nazionalità, attivi dall'Australia agli Stati Uniti, dall'Europa al Sud America.

L'impegno delle TBM è previsto in numerose commesse italiane del Gruppo Webuild, tra cui le nuove linee ferroviarie AC Palermo-Catania-Messina, volte a ridurre i tempi di viaggio di oltre il 30%. In Europa, invece, il Gruppo è coinvolto nel più grande progetto di mobilità sostenibile, il Grand Paris Express, la naturale evoluzione della metro parigina che rientra tra le iniziative dell'ambizioso programma di far diventare Parigi una città carbon neutral – interamente alimentata da energie rinnovabili – entro il 2050, progetto che ha recentemente visto il completamento delle attività di scavo della TBM *Mireille* sulla Linea 16.

In entrambi i casi, l'applicazione del metodo meccanizzato è risultata fondamentale per garantire maggiore sicurezza nello scavo delle gallerie sotterranee, oltre a migliorare precisione, velocità ed efficienza rispetto all'esecuzione dello scavo in metodologia tradizionale. L'impatto dettato dall'utilizzo di questi complessi macchinari suggerisce l'importanza legata allo studio di soluzioni che consentano la remotizzazione e l'automatizzazione di lavorazioni pericolose, connesse alla manutenzione e alla gestione della TBM. Obiettivo principale è la sicurezza dei lavoratori, che può essere ottenuta mediante l'implementazione di avanzate tecnologie di monitoraggio e controllo. Considerando che in questo ciclo industriale il 30% del tempo è impiegato in attività di ispezione e manutenzione, si comprende l'importanza della ricerca volta all'ideazione di un sistema automatizzato di monitoraggio e previsione dell'usura delle componenti della TBM, garantendo, anche tramite lo sviluppo di una soluzione di manutenzione robotizzata, un ambiente di lavoro più sicuro che riduca al minimo gli imprevisti durante le fasi di avanzamento di scavo dei tunnel.

Relativamente alla seconda tematica, la smart acquisition e la robotica sono due tecnologie in grado di supportare e migliorare le tecniche digitali avanzate di normalizzazione e tracciamento delle lavorazioni in cantiere. La prima consiste nell'acquisire dati in tempo

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

reale da strumenti come sensori, telecamere e droni per avere una visione completa e aggiornata dello stato di avanzamento dei lavori. La robotica, invece, permette di automatizzare alcune operazioni, come la movimentazione di materiali, la misurazione di parametri, la verifica di qualità e sicurezza, riducendo i tempi e i costi. Queste due tecnologie, integrate tra loro, possono creare un sistema di monitoraggio attivo che supporta i responsabili del cantiere nella gestione ottimale delle risorse e nella risoluzione delle criticità.

Alcuni esempi di applicazioni di smart data acquisition per il monitoraggio delle lavorazioni in cantiere prevedono l'utilizzo di sensoristica wireless per rilevare parametri ambientali, come temperatura, umidità, rumore, vibrazioni e qualità dell'aria, che possono influire sulla sicurezza e sulla qualità delle opere. Nel settore della robotica sono spesso utilizzati droni per effettuare ispezioni aeree, raccogliere immagini e dati georeferenziati, e individuare eventuali anomalie o criticità, oltre che robot terrestri o semoventi per trasportare materiali, attrezzature e strumenti, eseguire operazioni di misurazione, posizionamento e assemblaggio, assistere gli operatori umani nelle attività più complesse o pericolose.

Axel (Autonomous Exploration Electrified Vehicle) è, ad esempio, un prototipo unico al mondo per l'ispezione in sicurezza delle gallerie. Utilizzato nel cantiere Nicchie La Maddalena nel tratto italiano del tunnel di base della linea AV/AC Torino-Lione e commissionato da TELT, questo rover innovativo a guida remota risponde a un'esigenza specifica: addentrarsi nelle montagne piemontesi ed esplorare un cunicolo lungo 3 km, evitando così ogni rischio per l'essere umano. La robotica applicata al mondo delle infrastrutture offre vantaggi sia in termini di innovazione nell'analisi dei dati, sia in termini di sicurezza per le persone. Axel ne è un esempio: è un robot in grado di operare in condizioni estreme dovute alla presenza di fondi irregolari, flussi d'acqua o condizioni termoisometriche critiche.

L'integrazione di sistemi di intelligenza artificiale per analizzare i dati raccolti dai sensori, dai droni e dai robot risulta, infine, fondamentale per elaborare informazioni utili per il controllo e l'ottimizzazione dei processi, generare report e avvisi in tempo reale, supportare la pianificazione e la gestione del cantiere. Le tematiche relative all'utilizzo di tecnologie innovative, volte al supporto del monitoraggio e della sicurezza legate al mondo delle lavorazioni in cantiere, sono risultate prioritarie in questo secondo anno di UniWeLab. La società contemporanea è caratterizzata da una rapida e costante evoluzione tecnologica, che richiede nuove competenze, conoscenze e soluzioni per affrontare le sfide del futuro.

In questo contesto, il ruolo dei giovani e delle università è fondamentale per promuovere e sostenere l'innovazione, la creatività e la collaborazione. I giovani sono i protagonisti del cambiamento, in quanto portatori di nuove idee, energie e visioni. Le università, d'altra parte, sono i luoghi dove queste potenzialità possono essere coltivate, valorizzate e trasformate in progetti concreti. La sinergia tra giovani e università è quindi essenziale per generare un impatto positivo sul piano sociale, economico e ambientale. Webuild vede in questa alleanza un'opportunità in grado di stimolare il progresso e sviluppare capacità scientifiche e culturali arricchite dalle proposte e dall'entusiasmo delle nuove generazioni.

L'Hackathon rappresenta una delle principali attività realizzate da UniWeLab in collaborazione con gli studenti, volta a coinvolgere i giovani in questo processo di costruzione del domani. Il lavoro risultato vincitore di questa iniziativa ha presentato interessanti spunti innovativi nell'ambito delle tecniche digitali avanzate di normalizzazione e tracciamento delle lavorazioni in cantiere. Il progetto presentato affronta in modo trasversale le problematiche relative al tracking delle varie attività di cantiere, considerandole come un unico ecosistema digitale. In particolare, sono stati enfatizzati il ruolo attivo e passivo che gli operai possono avere in cantiere e il collegamento tra la gestione delle risorse e del magazzino con la tracciabilità degli elementi.

Continueremo, come finora fatto, a incentivare l'innovazione e la formazione come leve per stimolare quel mutamento di mentalità e di comportamenti indispensabile per sfruttare appieno le potenzialità delle nuove tecnologie e metodologie.

La rivoluzione tecnologica in atto richiede sempre più un ricco e diversificato ecosistema con cui instaurare una collaborazione solida per immaginare, progettare e sviluppare insieme il futuro. È in questo contesto che il coinvolgimento e la valorizzazione dei giovani talenti deve essere una priorità, garantita dal dialogo attivo con le principali università nelle aree strategiche in cui il Gruppo opera, soprattutto per rispondere al forte rinnovamento generazionale che il settore richiede.

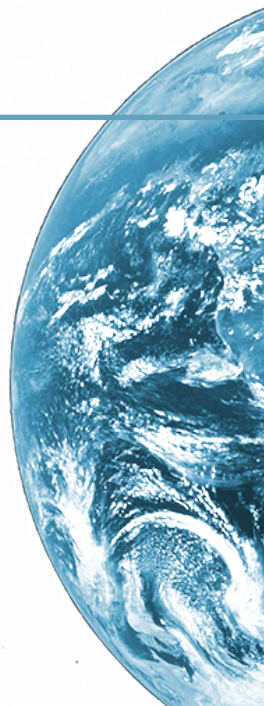
UniWeLab costituisce il ponte tra l'esperienza di lunga durata del Gruppo Webuild e le giovani leve, fresche di formazione accademica, con le quali puntare a costruire il futuro di domani.



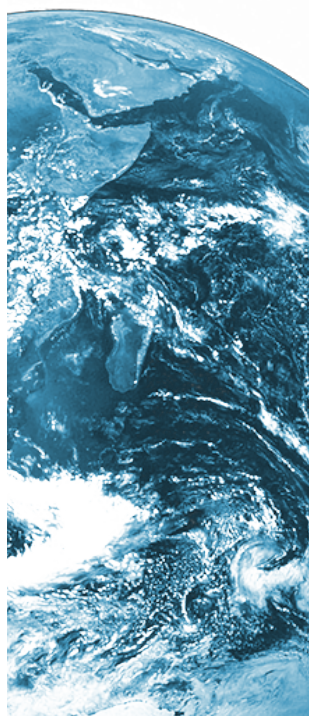


//01

Costruzioni e cambiamenti climatici: idee verso una neutralità?



Andrea Limone



// ABSTRACT

Questo contributo rappresenta un'analisi critica sulla transizione tecnologica nel settore delle costruzioni. Si esplora come l'emissione di gas serra sia solo una delle numerose cause dei cambiamenti climatici e come il settore delle costruzioni abbia un ruolo cruciale sia in termini di emissioni, ma anche di consumo di risorse. L'analisi mette in luce la pressione crescente sulle grandi aziende del settore per innovare, condurre attività di ricerca e sviluppare soluzioni per ridurre l'impatto ambientale, con una particolare attenzione alla possibile convergenza verso un mondo robotizzato e informatizzato.

// ARTICOLO

“Il settore delle costruzioni assume un ruolo centrale, essendo responsabile del 39% delle emissioni globali di anidride carbonica,,

Il cambiamento climatico è una delle sfide più urgenti del nostro tempo. L'Agenda 2030 delle Nazioni Unite ha stabilito 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDGs) per affrontare le sfide ambientali e sociali globali^[1]. Questi obiettivi costituiscono il cuore vitale dell'Agenda 2030 e sono fondamentali per un futuro sostenibile. In questo contesto, il settore delle costruzioni assume un ruolo centrale, in quanto è responsabile del 39% delle emissioni globali di anidride carbonica, secondo il Global Alliance for Buildings and Construction. Tali emissioni sono il risultato delle operazioni di costruzione e utilizzo degli edifici, ma anche del processo di produzione dei materiali. Inoltre, il settore indagato è responsabile del 36% del consumo globale di energia e del 40% del consumo di risorse, come indicato dall'International Energy Agency^[2].

Questi numeri riflettono la vasta portata dell'impatto ambientale del settore delle costruzioni. Le attività di costruzione richiedono enormi quantità di energia, spesso ottenuta da fonti non rinnovabili, per alimentare macchinari pesanti e, durante l'uso, per il riscaldamento e il raffreddamento degli edifici. Inoltre, la produzione di materiali da costruzione è un processo intensivo in termini di energia che contribuisce in modo significativo alle emissioni di gas serra – Greenhouse Gases (GHG). Oltre a ciò, la gestione inefficiente dei rifiuti da costruzione e demolizione può causare impatti negativi sull'ambiente locale, compresa la dispersione di sostanze inquinanti e il consumo di suolo.

Data la sua vasta impronta ambientale, il settore delle costruzioni è una componente critica dell'agenda globale per la sostenibilità. Raggiungere gli SDGs dell'Agenda 2030 richiede un'impegnativa trasformazione di questo settore, la quale deve affrontare l'intero ciclo di vita delle costruzioni, dalla progettazione alla demolizione, e cercare soluzioni innovative per ridurre le emissioni di GHG, migliorare l'efficienza energetica degli edifici, utilizzare materiali sostenibili e promuovere una gestione sostenibile dei rifiuti. Inoltre, anche l'impatto sociale è significativo, poiché influisce sulla qualità della vita delle persone durante la fase di costruzione che trasforma inesorabilmente il territorio abituale. La promozione della sostenibilità in questo settore non riguarda solo la protezione dell'ambiente, ma anche la creazione di ambienti abitativi e infrastrutture sicuri, salubri, accessibili ed equi^[3].

Le emissioni nell'industria edilizia dipendono e differiscono in base alle fasi in cui l'oggetto civile si trova. Queste includono le attività di costruzione, come le

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

operazioni di movimentazione terre, l'energia utilizzata per l'illuminazione e il riscaldamento temporaneo dei siti di edificazione, nonché il trasporto di materiali da e per il cantiere. Inoltre, l'uso di attrezzature pesanti e veicoli di trasporto durante il lavoro contribuisce ulteriormente a tali emissioni. Una volta completati, gli edifici continuano a favorire le emissioni di CO₂ attraverso il consumo di energia per il riscaldamento, il raffreddamento, l'illuminazione e l'uso di apparecchiature elettriche^[4].

“L'industria delle costruzioni non è solo un problema, bensì anche parte della soluzione.”

Gli edifici inefficienti dal punto di vista energetico sono particolarmente problematici in quanto influiscono sulla produzione di materiali come il cemento, l'acciaio e gli isolanti, che richiedono notevoli quantità di energia e spesso comportano processi industriali intensivi in termini di emissioni di anidride carbonica. Questi elementi costituiscono la base di molti progetti edilizi, contribuendo così in modo significativo alle emissioni complessive del settore^[5]. Tali dati mettono in evidenza l'importanza critica di affrontare l'impatto ambientale del settore delle costruzioni. È richiesto un approccio multifocale che affronti sia le emissioni legate alle operazioni di costruzione sia all'uso, nonché la necessità di ridurre l'impronta fossile nella produzione dei materiali da costruzione. Tuttavia, è importante notare che l'industria delle costruzioni non è solo un problema, bensì anche una parte della soluzione. L'adozione di pratiche di costruzione sostenibili, la progettazione di edifici ad alta efficienza energetica e l'impiego di materiali ecologici offrono l'opportunità di ridurre in modo significativo l'impatto ambientale. Inoltre l'innovazione tecnologica, come l'automazione e la digitalizzazione, apre la strada a processi di costruzione più efficienti e duraturi. L'urgente necessità di affrontare il cambiamento climatico ha spinto le grandi aziende del settore delle costruzioni a cercare soluzioni innovative. Secondo il rapporto *The Business Case for Green Building* del World Green Building Council, gli edifici verdi possono ridurre le emissioni di GHG del 40% e abbattere i costi operativi del 30%^[6]. Questi dati dimostrano che la sostenibilità è anche un vantaggio economico, anche se a lungo termine, dato che l'investimento iniziale è maggiore di una comune abitazione, stimando comunque tra l'1 e il 5% in più.

Raggiungere la neutralità di emissioni nel settore delle costruzioni è una sfida complessa ma possibile e anche necessaria. Questo richiede un approccio olistico, compresi la progettazione sostenibile, la gestione intelligente dei rifiuti e l'uso di tecnologie a basse emissioni di carbonio. Secondo uno studio del Global e-Sustainability Initiative, l'implementazione di tecnologie intelligenti

e digitali può ridurre le emissioni di CO₂ legate all'industria delle costruzioni fino al 20%^[7]. L'automazione dei processi di costruzione, compresi i robot e i sistemi automatizzati, può migliorare notevolmente l'efficienza e la precisione sul campo, riducendo il consumo di risorse e le emissioni di GHG. Un esempio tangibile è l'uso di stampanti 3D per la costruzione di edifici, che può ridurre i tempi di costruzione e il consumo di materiali. La digitalizzazione permette una gestione più intelligente delle risorse e la raccolta di dati in tempo reale per migliorare la pianificazione e l'efficienza. Secondo il World Economic Forum, l'utilizzo di tecnologie digitali nel settore delle costruzioni potrebbe ridurre i costi operativi del 20% e i tempi di costruzione del 50%. L'industria dell'edilizia, quindi, ricopre un ruolo chiave nella promozione della sostenibilità e nella lotta contro il cambiamento climatico^[8].

Concludendo, l'uso di tecnologie avanzate, l'automazione e la digitalizzazione rappresentano le chiavi per affrontare queste sfide. Raggiungere la neutralità di emissioni nel settore delle costruzioni è possibile, e questi strumenti offrono l'opportunità di farlo in modo efficace ed economicamente vantaggioso.

// REFERENCES

- [1] Agenzia Italiana per la cooperazione allo sviluppo. Obiettivi di Sviluppo Sostenibile. www.aics.gov.it
- [2] Battaglia, R. (2020). Dall'edilizia il 39% delle emissioni di CO₂ nel mondo. Ma ridurle è possibile. valori.it
- [3] "Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile". group.in-resasanpaolo.com
- [4] "Ridurre la CO₂ incorporata nei materiali e processi edili". www.regioniambiente.it
- [5] "Prestazioni energetiche edifici: la nuova Direttiva EPBD punta alla decarbonizzazione entro il 2050". www.rinnovabili.it
- [6] Haddad, Z. (2019). The Business Case for Green Building. AEE World Energy Eng. Congr.
- [7] Gianni, M. (2021). Sostenibilità e digitale, il connubio che darà forma al futuro. www.digital4.biz
- [8] Camerini, D. (2019). Building Information Modeling (BIM): cos'è, stato di adozione in Italia e nel mondo. www.agendadigitale.eu

//02

Gli ostacoli allo sviluppo innovativo nel settore delle costruzioni



Alberto Marengo
Ginevra Testa



// ABSTRACT

Il contributo evidenzia la posizione arretrata dell'Italia. I principali ostacoli che hanno contribuito a generare questo ritardo sono gli ingenti costi necessari per l'implementazione tecnologica, la necessità di un'adeguata formazione del personale, la forte resistenza al cambiamento e un ambiente normativo non particolarmente favorevole. Queste criticità si scontrano con molti benefici quali una maggiore ottimizzazione, collaborazione e il raggiungimento di importanti obiettivi nel lungo periodo, quali la sostenibilità. L'adozione di alcune tecnologie favorisce il raggiungimento di questi obiettivi consentendo l'acquisizione di dati, l'automazione dei processi con la robotica e, infine, una maggiore analisi tramite il BIM, la realtà virtuale e i digital twins.

// ARTICOLO

La trasformazione digitale può essere definita come la somma di effetti combinati di diverse innovazioni digitali che portano a nuovi attori, strutture, pratiche, valori e credenze che cambiano, minacciano, sostituiscono o integrano le regole del gioco esistenti all'interno delle organizzazioni^[1]. L'integrazione di tecnologie digitali è vista come un elemento chiave per affrontare alcune delle sfide principali che una società deve fronteggiare, quali la produttività, la competitività, l'efficienza, l'ottimizzazione e la carenza di manodopera. Monitorare lo stato dell'arte, i progressi e le criticità in tema di digitalizzazione consente di comprendere come il nostro Paese stia affrontando la sfida digitale.

Uno spunto significativo è fornito dal monitoraggio del Digital Economy and Society Index (DESI), un indicatore composito introdotto dalla Commissione Europea per misurare e sintetizzare i progressi di un Paese rispetto alla digitalizzazione della propria economia e società, quantificandone i contributi secondo quattro differenti dimensioni^[2]: (i) competenza del capitale umano e inclusione digitale degli utenti; (ii) connettività e capacità delle reti; (iii) integrazione delle tecnologie digitali da parte di enti e imprese e (iv) servizi pubblici digitali, volti alla digitalizzazione della pubblica amministrazione. Stando ai dati del rapporto aggiornati al 2022, l'Italia occupa la parte bassa dal ranking, lontana dai Paesi a lei simili per caratteristiche geografiche e socioeconomiche, in quanto tra i 27 Paesi membri dell'UE si ferma al 18° posto, con il punteggio di 49.3, rimanendo al di sotto della media europea pari a 52.3.

Negli ultimi anni si è registrato un progresso nel punteggio DESI nazionale, che evidenzia l'impegno e la maggiore attenzione politica messa in atto con l'adozione di diverse strategie chiave supportate da specifici piani di investimento. Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) predispone ingenti e ambiziosi finanziamenti mirati soprattutto al tema della connettività a banda larga e della digitalizzazione della pubblica amministrazione; non è un caso che l'accelerata decisiva sia avvenuta nel 2022, anno in cui si sono concretizzati i primi investimenti previsti dal Piano.

All'interno di questo panorama si configura anche il settore delle costruzioni. Nonostante sia in fase di trasformazione, esso manifesta ancora un ritardo evidente. In tal senso il Digital Intensity Index (DII), indicatore Eurostat che condensa differenti aspetti della concezione tecnologica e digitale di una società^[3], riporta un dato allarmante: nel 2022, tra le imprese italiane con

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

almeno dieci impiegati, il settore delle costruzioni si at-
testa come ultimo ramo per livello di digitalizzazione.
L'adozione tecnologica pervasiva nel settore delle co-
struzioni ha portato alla generazione di molteplici per-
turbazioni che hanno suscitato la necessità di azioni da
parte di diversi attori organizzativi^[1].

Tra gli ostacoli da considerare nell'implementazio-
ne tecnologica, nel settore delle costruzioni, vi sono in
primo luogo gli ingenti costi relativi all'accessibilità ai
nuovi software, quali il Building Information Modeling
(BIM) o la realtà virtuale. La loro implementazione ri-
chiede notevoli investimenti iniziali, non solo finanziari
ma anche relativi a un'adeguata formazione del perso-
nale. Quest'ultima rappresenta il fattore critico che ga-
rantisce un uso efficace delle innovazioni tecnologiche
e che abilita la salvaguardia della sicurezza nei contesti
lavorativi. Risulta particolarmente complessa in quanto
passa attraverso quattro fasi che vanno dalla compren-
sione, all'adozione, all'implementazione e all'assimila-
zione della nuova tecnologia introdotta^[4].

**“Molte aziende
possono dimostrarsi
riluttanti all'adozione
digitale, prediligendo la
conservazione di approcci
più tradizionali e più
ampiamente conosciuti”**

Secondariamente è importante valutare come la
resistenza al cambiamento delle organizzazioni possa
essere un ostacolo all'adozione tecnologica. Resistenza
che spesso accompagna qualsiasi innovazione digitale,
specialmente se particolarmente impattante sul settore.
Molte aziende possono dimostrarsi riluttanti all'adozio-
ne digitale, prediligendo la conservazione di approcci
più tradizionali e più ampiamente conosciuti. Tale re-
sistenza può essere indotta dalle preoccupazioni e in-
certezze che si celano dietro alla digitalizzazione: la si-
curezza dei dati e la vulnerabilità informatica. Quindi,
l'adozione di tali tecnologie non rappresenta una solu-
zione immediata, ma si inserisce in un processo molto
più ampio e complesso in cui le aziende devono mo-
strare una certa flessibilità e apertura al cambiamento^[5].

Anche l'ambiente normativo può rappresentare un
vincolo all'adozione tecnologica, in quanto può rallen-
tare il processo. È pertanto necessario un impegno forte
da parte dei governi al fine di rendere l'adozione tec-
nologica più fluida e agevole. Essa può essere favorita
dallo sviluppo di standard europei che premiano la digi-
talizzazione delle organizzazioni negli appalti pubblici,
che forniscano raccomandazioni utili a supporto delle
organizzazioni e che facilitino concretamente l'adozio-
ne tecnologica nei progetti. Il Piano di Innovazione dei
Trasporti e delle Infrastrutture 2018-2020 ha promosso
lo sviluppo tecnologico delle infrastrutture di trasporto.
Quindi, trattandosi di importanti innovazioni sistemi-
che, da integrare in complessi ambienti organizzativi,
è necessario un allineamento da parte delle istituzioni
al fine di stimolare tali meccanismi di innovazione e

cambiamento da parte delle organizzazioni^[6]. Ciò dovrebbe favorire il coordinamento e il coinvolgimento di molteplici attori (quali governi, organizzazioni e associazioni professionali), ognuno dei quali tuttavia possiede propri quadri normativi, regolamentari e culturali^[7]. Tale aspetto rappresenta un limite forte all'adozione tecnologica, poiché il pluralismo istituzionale e le molteplici richieste concorrenti tra loro rendono molto più complesso il processo di adozione tecnologica e il coordinamento tra organizzazioni e autorità che si deve sviluppare per l'effettiva implementazione^[8].

La digitalizzazione dei settori cantieristici e delle infrastrutture rappresenta un'enorme opportunità in termini di efficienza e maggiore produttività, pertanto molte realtà si stanno impegnando in tale direzione^[9].

Uno dei vantaggi ottenibili dalla digitalizzazione è una maggiore ottimizzazione dei processi, utile per il contenimento dei costi e dei tempi di progettazione, produzione e di lavoro, consentendo il rispetto delle scadenze. Le tecnologie abilitano una migliore pianificazione delle diverse fasi di un progetto, permettendo di operare in tempi molto più contenuti raggiungendo elevate performance. L'implementazione tecnologica consente l'identificazione di potenziali errori in fase di progettazione, riducendo enormemente i costi annessi a potenziali cambiamenti in corso d'opera. Pertanto, la digitalizzazione favorisce un uso efficiente delle risorse, riducendo gli sprechi di materiale e di tempo di realizzazione. Tecnologie quali la realtà aumentata consentono di fornire ai diversi stakeholder rappresentazioni più veritiere del prodotto finale, raggiungendo un miglior allineamento delle aspettative tra produttore e acquirente e maggiori standard di qualità.

“La digitalizzazione nei settori delle costruzioni e delle infrastrutture abilita anche una migliore comunicazione tra organizzazione e stakeholders, consentendo un feedback continuo e l'assunzione di decisioni più informate.”

La digitalizzazione nei settori delle costruzioni e delle infrastrutture abilita anche una migliore comunicazione tra organizzazione e stakeholder, consentendo un feedback continuo e l'assunzione di decisioni più informate. La collaborazione tra i diversi attori coinvolti nei progetti, quali appaltatori, costruttori e progettisti, viene altamente facilitata dalle innovazioni tecnologiche diventando più veloce e più frequente. Inoltre, favoriscono anche l'apprendimento reciproco e una più elevata resilienza delle organizzazioni del settore^[10]. Tali tecnologie ridefiniscono i confini delle attività organizzative, modificano i processi e la governance dei progetti, creando team di progetto coesi in grado di superare potenziali avversità e criticità derivanti dalla complessità tecnologica sempre crescente^[11]. Tali trasformazioni richiedono un forte impegno nella generazione e nella conservazione di nuovi equilibri organizzativi^[12].

La digitalizzazione favorisce anche il raggiungimento di obiettivi di lungo termine come la sostenibilità del settore, abilitata da un uso più efficace delle risorse e delle fonti energetiche. Quindi, tali tecnologie contribuiscono allo sviluppo economico, sociale, organizzativo e ambientale del settore delle costruzioni^[1]. Pertanto, la digitalizzazione ha il potenziale per rivoluzionare il modo in cui le costruzioni vengono progettate, costruite e gestite, portando a una maggiore efficienza, a una riduzione dei costi e a un miglioramento della qualità e della sicurezza offerta. Il BIM rappresenta una tecnologia particolarmente importante per dirigere il settore verso questi obiettivi di lungo periodo^[13].

In conclusione, le tecnologie digitali adottabili per perseguire gli obiettivi sopra descritti all'interno del settore delle costruzioni civili sono suddivisibili in tre macrocategorie di sistemi:

- Sistemi di acquisizione dei dati.
I sensori rappresentano la tecnologia con il livello di maturazione e sofisticazione più alto, in grado di monitorare in tempo reale una vasta gamma di parametri. La scansione 3D rappresenta uno strumento capace di garantire gradi di dettaglio elevati e una conoscenza precisa e inderogabile dello stato di fatto dell'opera. Infine, l'Internet of Things (IOT), ancora in fase di diffusione, permette di creare una rete di dispositivi connessi e di conseguenza una banca dati in continuo aggiornamento su cui basare un programma per la manutenzione predittiva.
- Sistemi di automazione dei processi.
Attualmente questo campo è dominato dall'utilizzo dei droni, che consente risultati notevoli sul processo esecutivo e decisionale delle opere e sulla sicurezza che garantiscono nei confronti delle maestranze coinvolte nelle attività ispettive. D'altra parte, la robotica sta registrando decisivi progressi per quanto riguarda la riduzione del rischio degli operatori, dell'errore umano e della operabilità continua che è in grado di garantire. Infine, la stampa 3D ha aperto nuove prospettive nella creazione di componenti strutturali prefabbricati. Tuttavia, il suo impiego risulta ancora limitato a compiti e funzioni circoscritte.
- Sistemi di analisi e informazioni digitali.
L'approccio digitale all'utilizzo dei dati e delle informazioni risulta necessario per attribuire significato tangibile a tutti i dati che vengono raccolti. Il BIM è sicuramente il protagonista del gruppo e rappresenta un tema strategico soprattutto nell'ottica della multidisciplinarietà che si presenta nel settore delle costruzioni, consentendo una collaborazione diretta

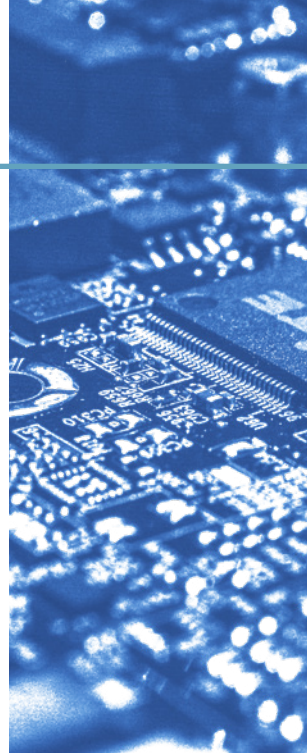
e in tempo reale tra team che operano in settori differenti. La realtà virtuale aumentata e l'intelligenza artificiale sono strumenti ancora in fase di sviluppo, tuttavia alcuni progetti pilota sono stati perseguiti e conseguiti con validi risultati. I Digital Twins, infine, hanno un grande potenziale per il futuro, in quanto costituiscono la possibilità di rappresentare e gestire oggetti fisici in un mondo digitale.

// REFERENCES

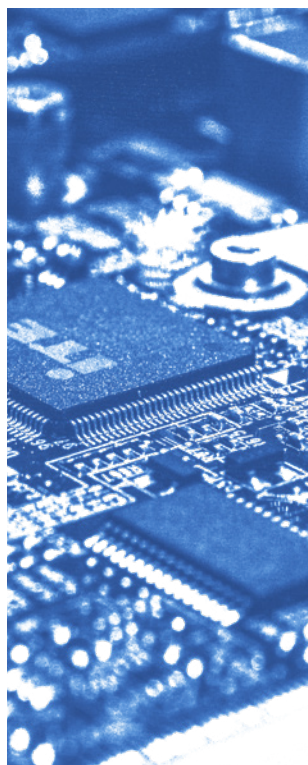
- ^[1] Hetemi, E., et al. (2020). An institutional approach to digitalization in sustainability-oriented infrastructure projects: The limits of the building information model. *Sustainability*, 12(9), 3893.
- ^[2] Commissione Europea. (2023). *Indice di digitalizzazione dell'economia e della società (DESI) 2022 – Italia*.
- ^[3] Eurostat. (2023). *Digital Intensity Index (DII)*. ec.europa.eu/eurostat
- ^[4] Swanson, B.E.; Ramiller, N.C. (2004). *Innovating Mindfully with Information Technology*. *MIS Q*.
- ^[5] Whyte, J. (2019). *How Digital Information Transforms Project Delivery Models*. *Proj. Manag. J.*, 50, 177–194.
- ^[6] Larsson, J.; Larsson, L. (2020). *Integration, Application and Importance of Collaboration in Sustainable Project Management*. *Sustainability* 12, 585.
- ^[7] Scott, R.W. (2013). *Institutions and Organizations: Ideas, Interests, and Identities*; Sage Publications: Thousand Oaks, CA, USA.
- ^[8] Berente, N.; Yoo, Y. (2012). *Institutional Contradictions and Loose Coupling: Postimplementation of NASA's Enterprise Information System*. *Inf. Syst. Res.*
- ^[9] Singh, V. (2014). *BIM and systemic ICT innovation in AEC: Perceived needs and actor's degrees of freedom*. *Constr. Innov.*
- ^[10] Chong, H.Y.; Wang, X. (2016). *The outlook of building information modeling for sustainable development*. *Clean Technol. Environ. Policy*.
- ^[11] Garcia, A.C.B., et al. (2004). *Building a project ontology with extreme collaboration and virtual design and construction*. *Adv. Eng. Inform.*
- ^[12] Orlikowski, W.J.; Barley, S.R. (2001). *Technology and Institutions: What can research on information technology and research on organization learn from each other*. *MIS Q*.
- ^[13] Zhang, L., et al. (2019). *Understanding the Relation between BIM Application Behavior and Sustainable Construction: A Case Study in China*. *Sustainability* 2019, 12, 306.

//03

Prospettive di innovazione tecnologica: le costruzioni civili 4.0



Ilaria Delponte



// ABSTRACT

Le infrastrutture civili di ogni società ne costituiscono il fondamento e l'attuale invecchiamento di tali infrastrutture ha portato a una riduzione dei servizi e a sfide economiche e sociali. In questa situazione, le Digital Technologies possono rallentare il processo di deterioramento e migliorare in molti modi le prestazioni dei beni costruiti. Tuttavia, la complessità, la grande scala e la lunga durata dei progetti infrastrutturali rispetto ad altri progetti possono rendere più impegnativo il processo di reale 'gemellaggio' digitale delle infrastrutture. Nuove esperienze a livello di collaborazione fra ricerca e industria e sulla realizzazione di testbed come laboratori sperimentali aprono una strada possibile per i prossimi sviluppi.

// ARTICOLO

I progetti infrastrutturali sono al centro degli sforzi per investire nella ripresa dell'economia, sia a livello nazionale che internazionale, e sono visti come un motore di crescita primario dell'industria delle costruzioni.

Infatti, le infrastrutture civili di ogni società ne hanno sempre costituito un fondamento, certamente di tipo fisico ma anche relativo all'immaginario collettivo e alla realizzazione di prospettive future.

Tuttavia, l'attuale invecchiamento di tali infrastrutture ha portato a una riduzione dei servizi e a numerose sfide economiche e sociali che si presentano per le nuove generazioni di ingegneri e progettisti^[1]. Inoltre, i sistemi infrastrutturali stanno affrontando prove senza precedenti a causa dei cambiamenti climatici^[2]. Identificare le vulnerabilità delle infrastrutture prima che i pericoli colpiscano è di fondamentale importanza, in quanto può aiutare a minimizzare le conseguenze negative; studiarne le vulnerabilità e lo stato di degrado significa non trascurare le interdipendenze tra i sistemi e mettere proprietari e operatori di diversi ambiti a collaborare per l'analisi dei dati e la condivisione delle risorse di calcolo, il più possibili interoperabili e versatili.

Sebbene sia complesso e dispendioso sviluppare apparati hardware e software a servizio della progettazione, gestione e monitoraggio delle infrastrutture, numerosi tentativi di integrazione fra gli strumenti a oggi disponibili sono stati in parte compiuti, come per il Building Information Modeling (BIM), i Geographic Information System (GIS) e i dispositivi per mantenere le trasmissioni di dati fra essi.

La cosiddetta 'quarta rivoluzione industriale', definita anche Industria 4.0 nella letteratura più ampia, è associata proprio all'idea della compiuta interazione di diverse tecnologie. Esempi indicativi delle tecnologie digitali più all'avanguardia sono le applicazioni avanzate come l'Intelligenza Artificiale (AI), i Big Data Analytics (BDA), il Digital Twin (DT), il Cloud Computing (CC) e l'Internet of Things (IoT), che stanno già influenzando le industrie di diversi settori.

In particolare, negli ultimi anni, l'attenzione si è concentrata sulle applicazioni nel settore AEC (Architecture, Engineering and Construction)^[3; 4; 5]: il numero di studi recenti relativi ai DT nel settore dell'ingegneria civile è una buona indicazione di questa tendenza; non solo sono in notevole aumento, ma il numero di studi risulta quasi triplicato negli ultimi tre anni^[6]. Tuttavia, permane una certa percentuale di confusione a riguardo: mentre le applicazioni sono ancora agli inizi e

molti ricercatori si riferiscono alle tecnologie digitali in genere o ai Digital Twin in modo intercambiabile con il BIM, altri considerano queste tecnologie come mere rappresentazione in 3D di beni e opere, che dovrebbero consentire loro di migliorare le operazioni e le attività di manutenzione. Questo ambiente epistemologicamente non chiaro e la complessità intrinseca delle infrastrutture evidenziano la necessità di comprendere meglio il loro potenziale di adozione. È chiaro infatti che, in questa situazione, le innovazioni tecnologiche possono rallentare il processo di deterioramento e migliorare le prestazioni dei beni costruiti. Ad esempio, se combinati con tecnologie computazionali e di Artificial Intelligence (AI), i Digital Twin possono offrire analisi diagnostiche durante l'intero ciclo di vita delle infrastrutture, con conseguente sgravio nella verifica dello stato avanzamento lavori e nelle fasi di monitoraggio. Tuttavia, la complessità, la grande scala e la lunga durata dei progetti infrastrutturali rispetto ad altre tipologie possono rendere più impegnativo il reale 'gemellaggio' digitale delle infrastrutture e quindi impedire l'ammodernamento del settore AEC come da più parti auspicato.

“Nel 2016 McKinsey poneva un alert significativo al più basso indice di innovazione digitale riferito proprio a questo settore, indietro anche rispetto ad un altro settore di tipo tradizionale come quello agricolo. Allo stesso tempo si evidenzia come le Costruzioni siano attive su almeno 4 trend che caratterizzeranno il prossimo futuro: realtà immersiva, energia pulita oltre ad applicazioni AI e connettività avanzata.”

Nel merito, già nel 2016 McKinsey^[7] poneva un alert significativo al più basso indice di innovazione digitale riferito proprio a questo settore, indietro anche rispetto a un altro settore di tipo tradizionale come quello agricolo. Allo stesso tempo, nel loro report datato 2022^[8], si evidenzia come le costruzioni siano attive su almeno 4 trend che caratterizzeranno il nostro prossimo futuro (realtà immersiva, energia pulita oltre ad applicazioni AI e connettività avanzata).

In questo articolo non ci si vuole solo soffermare sui due aspetti più attuali che contestualizzano la ricerca, ovvero la rilevanza del gap infrastrutturale in Italia e la manutenzione di risorse infrastrutturali obsolete, ma si desidera anche porre l'attenzione sulle soluzioni e sui metodi che si stanno approntando per ingaggiare la sfida. Per indagare un ignoto che 'si conosce solo facendolo' è evidente che grande importanza rivestono esperienze pilota e best practices. Due sono i versanti – di embrionale attuazione – che sembra opportuno qui citare.

Il primo riguarda la collaborazione fra mondo della ricerca e dell'industria per fronteggiare di tali tematiche emergenti. Per fornirne una veloce cronistoria, basta riferirsi al caso della Harvard University School of Design che già nel 2010, grazie a un generoso finanziamento industriale, avviò una ricerca specifica sul collegamento fra infrastrutture e sostenibilità (espresso sotto forma di prodotti, beni e servizi). Lo studio^[9] fu in allora incentrato sulla verifica ambientale di un output progettuale di tipo infrastrutturale, confrontando diverse metriche

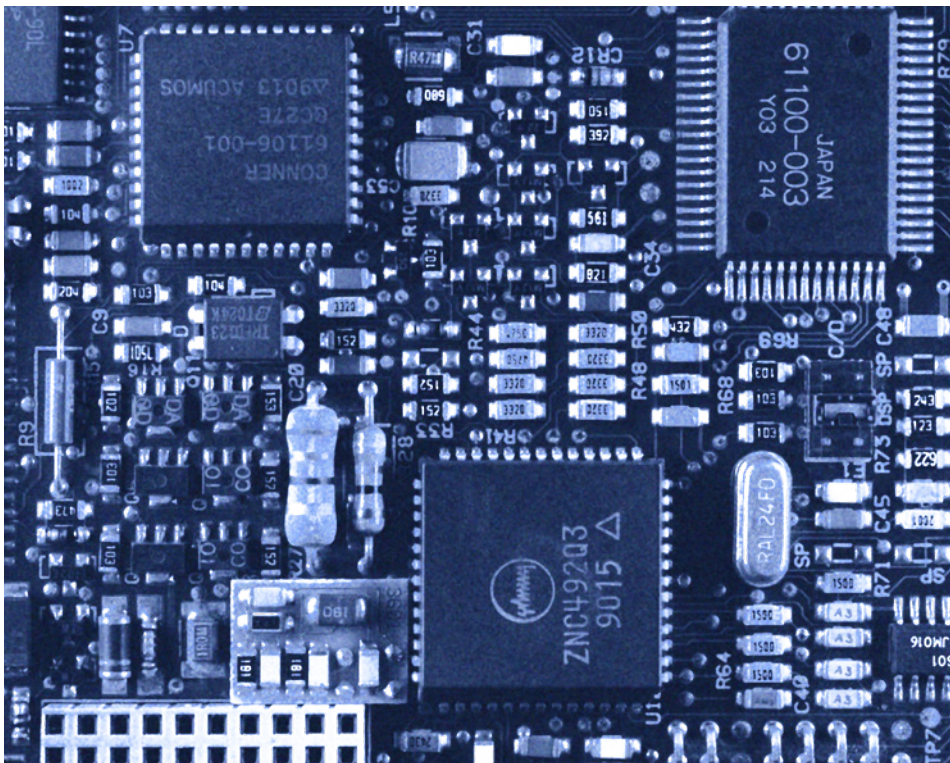
“È interessante sottolineare come, per la natura intrinseca di questi avanzamenti, l’aspetto sperimentale si allarga enormemente di dimensioni fino a ricoprire porzioni urbane e territoriali significative e non propriamente confinate in laboratorio.”

alle diverse scale, tra i quali LEED e BREEAM fino a produrne un rating. Nel corso dell’UniWeLab Book n. 1 si trovano altri riferimenti su questo tema, legati al Protocollo Envision^[10]. Preme sottolineare il metodo qui adottato: quello di creare innanzitutto una comprensione generale del problema in tutte le sue sfaccettature e favorire una definizione del problema della costruzione delle infrastrutture il più possibile completa, per poi rinforzarne in alcuni punti le connessioni logiche. In tempi più recenti, Marzouk e Othman^[11] puntualizzano come la letteratura scientifica nata dalla collaborazione fra istituti di ricerca e governo delle aree urbane abbia contribuito ad affrontare il tema delle città emergenti e dei loro bisogni, soprattutto inserendo l’elemento conoscitivo nella fase di planning.

In merito al secondo versante della riflessione, è interessante sottolineare come, per la natura intrinseca di questi avanzamenti, l’aspetto sperimentale si allarga enormemente di dimensioni fino a ricoprire porzioni urbane e territoriali significative e non propriamente confinate in laboratorio. Come già citato in Bonini et al. (2019),^[12] gli effetti della digitalizzazione sul costruito possono portare anche a trasformazioni a scala urbana: emblematici sono i casi di Songdo in Korea e di SideWalk Toronto in Canada. In questi siti, la sperimentazione tecnologica si allarga alla dimensione urbanistica di quartiere fino a far divenire interi distretti dei testbed innovativi di ricerca e sviluppo. Inoltre, vi sono casi che supportano la ricerca nel campo dell’interfaccia uomo-robot direttamente all’interno dei confini accademici: uno dei primi casi riguarda il West Cambridge Campus^[13] dove il contesto universitario (dunque esteso, ma confinato) è stato pensato come testbed di un primo Digital Twin integrato a scala di edificio e di quartiere. Come prima conclusione, si potrebbe affermare che, con l’ingresso massiccio delle tecnologie digitali e robotiche nel settore AEC, ciò che è doveroso aspettarsi non è solo che cambino le infrastrutture e le loro performance, ma che si trasformino anche le città, perché l’impatto del loro ingresso nel settore deve fondamentalmente coinvolgere tutte le scale della progettazione.

Da rilevare è anche che l’interesse della ricerca partiva dal fatto che la previsione dei ricavi per applicazioni da Artificial Intelligence avrebbe portato un 10% di incremento nell’economia inglese e occorreva un sito sperimentale attrezzato per approfondire le interrelazioni dei diversi campi dell’industria applicativa, che fosse gestito da un hub di ricerca con le necessarie competenze. Come ultima – e sempre ampliabile – riflessione, si può concludere che un’altra caratteristica peculiare dei primi

innesti di tecnologie innovative nel settore AEC è stato caratterizzato nel recente passato da una forte coesione fra academia e industria, a testimonianza che mondi a volte criticati per essere distanti possono effettivamente collaborare.



// REFERENCES

- ^[1] Van Breugel K. (2017), Societal burden and engineering challenges of ageing infrastructure, *Procedia Engineering* 171, 53–63.
- ^[2] Yang, Y., et al. (2021). BIM-GIS-DCEs enabled vulnerability assessment of interdependent infrastructures – A case of stormwater drainage-building-road transport Nexus in urban flooding. *Autom. Constr.* 125, 103626.
- ^[3] Lu, Q., et al. (2020). Digital twin-enabled anomaly detection for built asset monitoring in operation and maintenance. *Autom. Constr.* 118, 103277.
- ^[4] Deng, M., et al. (2021). From BIM to digital twins: A systematic review of the evolution of intelligent building representations in the AEC-FM industry. *J. Inf. Technol. Constr.* 26, 58–83.
- ^[5] Yu, G., et al. (2021). A digital twin-based decision analysis framework for operation and maintenance of tunnels. *Tunn. Undergr. Sp. Technol.* 116, 104125.
- ^[6] Naderi, H., Shojaei, A. (2023). Digital twinning of civil infrastructures: Current state of model architectures, interoperability solutions, and future prospects. *Autom. Constr.* 149, 104785.
- ^[7] Bughin J. et al. (2016). McKinsey Digital: superior technology in weaving harness design. www.mckinsey.com/mgi
- ^[8] Chui, M., Roberts, R., Yee, L. (2022). McKinsey Technology Trends Outlook 2022. McKinsey 1–47.
- ^[9] Georgoulas, A. (2010). Cities of the Future/Urban River Restoration 2010. *Environment* 379–391.
- ^[10] D’Amato G., Campanini F., Vuolo M., (2022). Up and Down, in Delponte I., Musso E. (Ed.). (2022). *Mobilità Sostenibile La Sopraelevata*, Genova: GUP - Genoa University Press.
- ^[11] Marzouk, M., Othman, A. (2020). Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustain. Cities Soc.* 57, 102120.
- ^[12] Bonini, V., Galelli, P., Alessio, M., Delponte, I., Morbiducci, R. (2019). Effects of the digital transformation on the contemporary city project. *Tema*.
- ^[13] Lu, Q., et al. (2020). Developing a Digital Twin at Building and City Levels: Case Study of West Cambridge Campus. *J. Manag. Eng.* 36, 1–19.

//04

Il PNRR libera nuovi grandi cantieri: saper cogliere le opportunità



Alberto Marengo



// ABSTRACT

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) si configura quale programma con cui il governo italiano intende gestire i finanziamenti del Next Generation EU, fondo europeo introdotto per sanare le perdite causate dalla pandemia. L'Italia, quale stato membro beneficiario principale, ha predisposto un ampio piano di investimenti in diversi settori, tra i quali quello delle infrastrutture ricopre maggiore rilievo. Essendo le materie in agenda molteplici e inserite in un contesto complesso e multidisciplinare, i dati si presentano quale mezzo ottimale per analizzare i fenomeni, studiare l'avanzamento delle pratiche e valutarne gli esiti.

// ARTICOLO

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) si inserisce all'interno del programma Next Generation EU (NGEU), pacchetto da circa 750 miliardi di euro concordato dall'Unione Europea in risposta alla crisi pandemica e al conseguente rallentamento delle economie. La principale componente del programma è il Dispositivo per la Ripresa e Resilienza – Recovery and Resilience Facility (RRF) – che prevede finanziamenti da stanziare nel periodo tra il 2021 e il 2026 per un importo totale di 672.5 miliardi di euro. Tra i beneficiari, l'Italia ha ricevuto lo stanziamento maggiore pari a 191.5 miliardi, 68.9 dei quali erogati a fondo perduto, mentre i restanti 122.6 sono assegnati tramite prestiti^[1]. L'accesso alle risorse del RRF avviene sulla base del PNRR, pacchetto di riforme e investimenti dettagliato definito dallo Stato e il cui conseguimento costituisce le condizioni a cui è subordinata l'erogazione delle risorse.

Il 30 aprile 2021 il governo italiano ha ufficialmente trasmesso il testo del PNRR alla Commissione europea e, a seguito di giudizio positivo, il 13 luglio 2021 l'Italia ha approvato il PNRR con Decisione di esecuzione del Consiglio dei Ministri mediante apposito documento contenente per ciascun investimento e riforma precisi obiettivi e traguardi cadenzati semestralmente, a partire dal secondo semestre 2021 sino a fine 2026.

Per finanziare gli interventi, oltre alle risorse comunitarie il governo italiano ha approvato il Piano Nazionale Complementare (PNC) disponendo ulteriori fondi pari a 30.6 miliardi di euro^[2]. Complessivamente, dunque, gli investimenti previsti dal PNRR e dal PNC ammontano a 222.1 miliardi di euro. Il Piano è strutturato in sei missioni, di cui quattro sono legate a temi attinenti all'ambito infrastrutturale^[3].

- Missione 1: digitalizzazione, innovazione, competitività e cultura (40.32 miliardi). Si pone come obiettivo la modernizzazione digitale delle infrastrutture di comunicazione.
- Missione 2: rivoluzione verde e transizione ecologica (59.47 miliardi). È dedicata alla transizione della società e dell'economia italiana coerentemente con il Green Deal europeo.
- Missione 3: infrastrutture per una mobilità sostenibile (25.40 miliardi). Ha come scopo principale il rafforzamento dell'alta velocità ferroviaria nazionale e il potenziamento della rete ferroviaria regionale, promuove inoltre la messa in sicurezza e il monitoraggio delle opere stradali, oltre a investimenti volti a realizzare un sistema portuale competitivo e sostenibile.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

-
- Missione 5: inclusione e coesione (19.81 miliardi). Si focalizza sulle politiche del lavoro e sullo sviluppo di infrastrutture sociali finalizzate alla coesione territoriale.

Per l'attuazione degli interventi sulle infrastrutture previsti dal Piano, il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti riveste un ruolo chiave in quanto risulta responsabile di numerosi investimenti e riforme e beneficia di 61.4 miliardi di euro, di cui 40.4 finanziati con le risorse del NGEU e 21 dal PNC, risultando primo ministero per investimenti^[4] e sottolineando quanto le infrastrutture giochino un ruolo di primo piano per la ripresa economica e per lo sviluppo sostenibile del Paese, sia in termini di costruzione di nuove opere sia di rinnovamento di quelle esistenti.

A fronte di un quadro complesso dovuto alla trasversalità degli interventi previsti dal Piano e ai differenti canali di finanziamento^[5], il 12 aprile 2023 il Servizio Studi della Camera dei Deputati, in collaborazione con l'Autorità Nazionale Anticorruzione (ANAC) e l'Istituto di ricerca CRESME, ha presentato il rapporto sullo stato di attuazione delle infrastrutture prioritarie della programmazione PNRR-PNC^[6], analizzando i differenti settori infrastrutturali sulla base dei dati registrati al 31 dicembre 2022.

“Le opere ritenute prioritarie provengono da settori infrastrutturali differenti, ma quasi tutti i sistemi riguardano la mobilità”

Le opere ritenute prioritarie provengono da settori infrastrutturali differenti, ma quasi tutti i sistemi riguardano la mobilità. Nello specifico, molti sono gli investimenti relativi ai collegamenti ferroviari, dal miglioramento delle linee regionali alla promozione dell'alta velocità; numerosi anche gli interventi su strade e autostrade, sia in termini di messa in sicurezza che di nuovi collegamenti. Spiccano inoltre i diversi investimenti previsti per il rinnovamento dei sistemi urbani di trasporto pubblico e delle aree portuali.

Il documento evidenzia innanzitutto il rincaro dei costi stimati per la realizzazione di tali opere, in aumento di 7.2 miliardi di euro rispetto alle stime di maggio 2022 a causa principalmente degli adeguamenti tariffari connessi ai rincari dei materiali, dei carburanti e dei prodotti energetici. In definitiva si rileva un importo dei lavori pari a 132.5 miliardi di euro a fronte di disponibilità finanziaria di 102.3 miliardi, di cui 55.6 provenienti dalle risorse stanziato al MIT dal PNRR e dal PNC, 43.4 derivanti da risorse pubbliche e 3.4 da quelle private.

Il costo stimato per le infrastrutture ferroviarie traina il gruppo e registra un importo di 96.5 miliardi di euro

(ben il 73% del costo totale) a fronte di una disponibilità di 74.4 miliardi, di cui 39 a valere su risorse del PNRR. Si denota dunque come questo settore sia considerato strategico per lo sviluppo del Paese.

Secondo i dati, proprio i lavori sulle ferrovie si trovano allo stadio più avanzato e registrano la percentuale maggiore pari al 26% di opere attualmente in corso. Seguono ciclovie (11%), porti e interporti (10%), sistemi urbani (7%) e infine strade e autostrade (1%), mentre aeroporti, infrastrutture idriche e edilizia pubblica sono ancora fermi ai passaggi precedenti all'avvio dei lavori. Le gare, invece, attualmente si stanno concentrando maggiormente su aeroporti, infrastrutture idriche, sistemi urbani, ferrovie e porti. È opportuno, tuttavia, tenere conto che il percorso del PNRR è ancora a uno stadio intermedio, dato l'orizzonte temporale di riferimento fissato al 2026. Inoltre, è solamente a inizio 2023 che ha preso il via concretamente l'attuazione di alcuni dei progetti, segnata dall'apertura dei cantieri e dal relativo avvio effettivo dei lavori; pertanto, è lecito attendersi che il successivo report aggiornato al 2023 fornirà un quadro di avanzamento migliore.

Guardando ai dati territoriali, l'Italia viene ripartita tra opere relative all'area Sud e Isole, all'area Centro-Nord e infine opere non ascrivibili a macroaree geografiche. A fronte di investimenti previsti in linea tra le due aree, corrispondenti a 50.10 miliardi per il Centro-Nord e 52.64 al Sud e Isole, per la prima si rileva uno stato attuativo più maturo in quanto registra un avanzamento del 36% per le opere attualmente oggetto di lavorazione, mentre nella seconda scende al 14%. La percentuale di lavori contrattualizzati ma non ancora iniziati si attesta rispettivamente al 12% e 2%. Spicca inoltre il fatto che nell'area Sud e Isole il 60% delle opere risulta ancora in fase di progettazione.

Questi dati dimostrano una situazione persistente di svantaggio per il Mezzogiorno, che tarda nella realizzazione delle opere. È importante inoltre osservare il diverso grado di innovazione delle infrastrutture che propone il Piano per le due aree: ciò è conseguenza della condizione iniziale di disparità delle opere, tuttavia non mira a favorire un reale appianamento del divario esistente.

Analizzando il livello regionale, le uniche informazioni reperibili sono relative alla distribuzione di bandi pubblicati nel corso del 2022, in cui si osserva la scelta di investire sui territori del Meridione con investimenti pari al 61% (10.8 miliardi) delle risorse stanziare, con particolare riguardo ai territori della Sicilia e della Campania e a discapito delle altre regioni che godono di minori risorse.

“Questi dati dimostrano una situazione persistente di svantaggio per il Mezzogiorno, che tarda nella realizzazione delle opere.”

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“È bene sottolineare però che questo Piano, ambizioso ed estremamente dettagliato, corre il rischio di incagliarsi negli ingranaggi della burocrazia”

In definitiva, emerge come il settore delle costruzioni sia stato uno dei principali motori per la ripresa dell'economia italiana post pandemia⁷¹ e il PNRR, nell'ambito degli investimenti previsti, ha rappresentato e rappresenta per l'immediato futuro opportunità importanti.

È bene sottolineare però che questo Piano, ambizioso ed estremamente dettagliato, corre il rischio di incagliarsi negli ingranaggi della burocrazia: le tempistiche ordinarie di una gara d'appalto per la realizzazione delle opere rischiano infatti di rallentare la realizzazione dei suoi programmi. Inoltre, a oggi, particolare preoccupazione e criticità è legata al costo di materiali ed energia.

È dunque compito degli enti governativi vagliare soluzioni alle problematiche per cogliere al meglio le opportunità di un Piano che, per entità, non ha eguali. L'attuale completamento del PNRR è previsto per il 2026 e la speranza è che al suo traguardo possa godere di uno scenario economico e sociale trasformato, condotto dai capisaldi del futuro: transizione ecologica, innovazione e inclusione sociale anche e soprattutto nel settore AEC.



// REFERENCES

- ^[1] Camera dei Deputati. (2021). La valutazione dei Piani nazionali per la ripresa e la resilienza.
- ^[2] Misure urgenti relative al Fondo complementare al Piano nazionale di ripresa e resilienza e altre misure urgenti per gli investimenti (Decreto Legge 6 maggio 2021, n. 59).
- ^[3] Presidenza del consiglio dei ministri. (2021). Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.
- ^[4] Ministero delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili. (2021). Dieci anni per trasformare l'Italia.
- ^[5] Fondazione Openpolis. (2023, Maggio 15). Portale Open.PNRR. (Fondazione Openpolis). Tratto da <https://openpnrr.it>
- ^[6] Camera dei Deputati. (2023). Programmazione PNRR-PNC - Stato di attuazione delle infrastrutture prioritarie.
- ^[7] Centro Studi Argenta SOA. (2022). Il settore delle costruzioni tra PNRR, bonus fiscali, tassi d'interesse, capitale umano e sfide ESG.

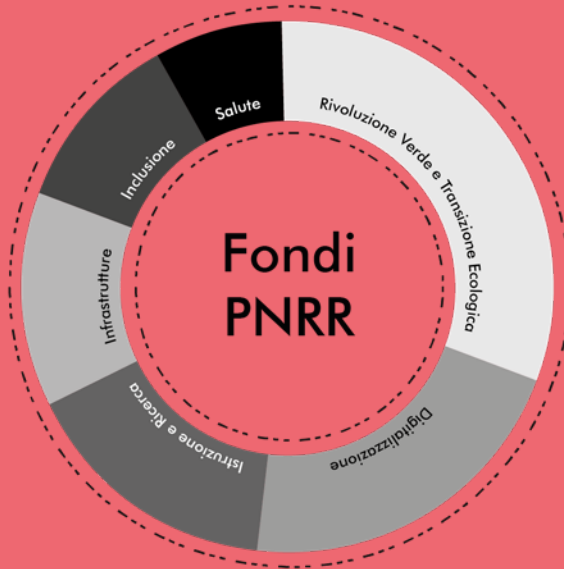
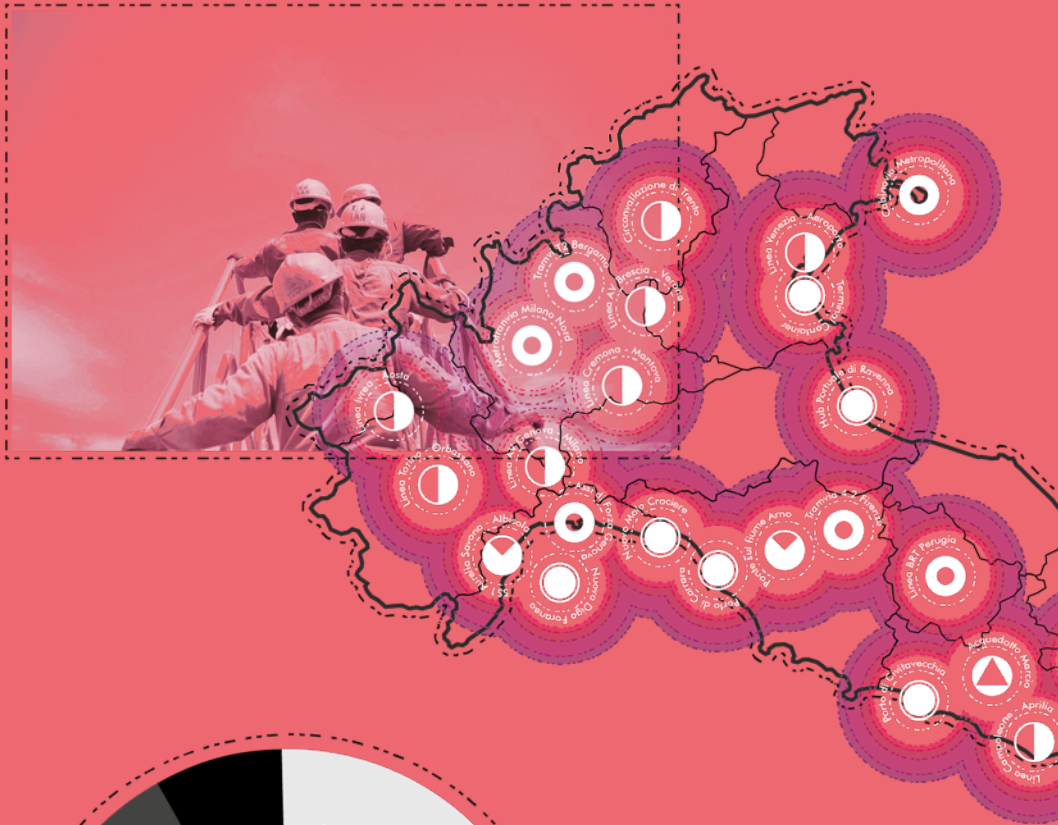
// UniWeTalk

// Letteratura

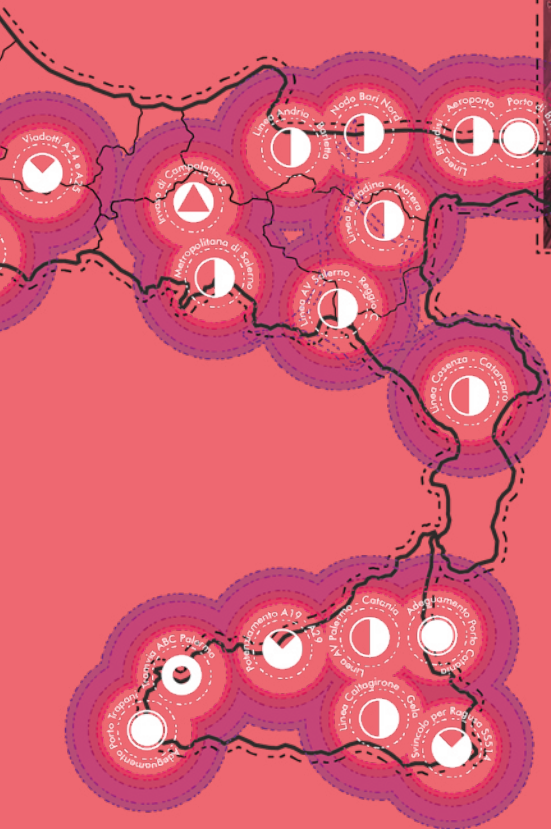
// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon



2021



2026

// UniWeTalk

// Letteratura

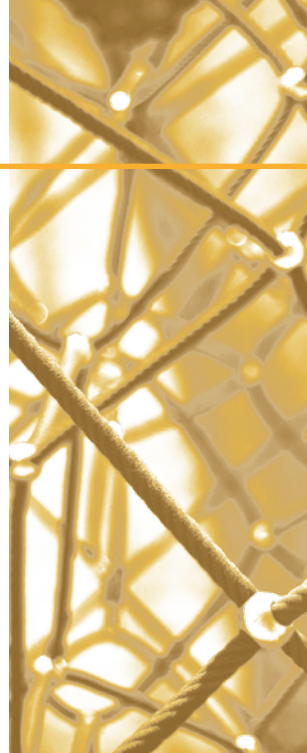
// X-Fertilization

// Tesi

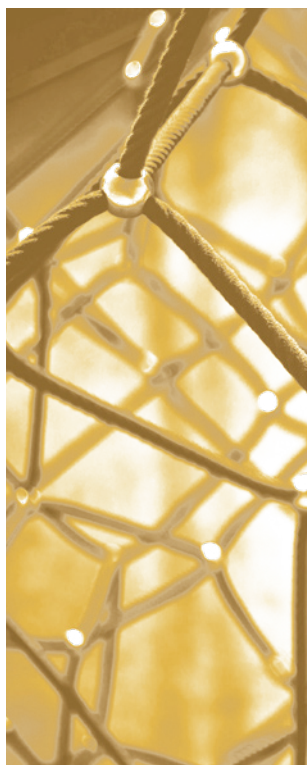
// Hackathon

//05

I materiali per l'innovazione: una nuova frontiera per le costruzioni?



Mirko Minnella



// ABSTRACT

Il settore delle costruzioni, per la sua vasta natura, combina le peculiarità di diverse discipline. Una delle più rilevanti è la scienza dei materiali che, attraverso la scelta degli elementi costruttivi, è necessaria per conferire determinate caratteristiche alle opere realizzate quali durabilità, resilienza e di conseguenza anche sicurezza e funzionalità. Nel presente contributo verranno illustrate le proprietà e i possibili utilizzi di alcuni materiali nonché nuovi processi per la loro realizzazione. Verranno approfondite le caratteristiche e i vantaggi derivanti dall'impiego di tali materiali nell'ottica di soddisfare le esigenze richieste dal committente dell'opera. Chiuderà il contributo una riflessione sull'approccio alla digitalizzazione nella scienza dei materiali: sono sufficienti i materiali per innovare un'infrastruttura oppure no?

// ARTICOLO

Nell'ambito dell'AEC – Architecture, Engineering and Construction – uno dei primi processi innovativi che prende vita è quello legato alla scienza dei materiali. Questa disciplina unisce chimica, fisica e ingegneria per progettare, testare e produrre nuovi materiali o materiali più efficienti in grado di contribuire al processo di costruzione. Invero, essa si focalizza sullo studio della struttura microscopica dei materiali. Quest'ultima va, poi, correlata con le qualità fisico-chimiche desiderate del prodotto finale al fine di capire quali modifiche vanno apportate alla sua struttura molecolare; esempi di tali trattamenti possono essere quelli termici, chimici oppure meccanici. Difatti, alterando la composizione chimica di un certo componente o cambiandone la disposizione atomica si possono creare nuovi elementi aventi determinate caratteristiche molto ricercate, quali una maggiore resistenza, un minor peso oppure una migliore capacità termoresistente.

Ancora, un grande beneficio derivante dalla scienza dei materiali è il fatto che mediante queste manipolazioni scrupolosamente calibrate il risultato finale sia in grado anche di interagire al meglio con l'ambiente in cui è inserito, migliorando la sua resistenza a fenomeni naturali, implementando di conseguenza performance energetiche, economiche-industriali e legate alla salute umana e ambientale.

Proprio in virtù di quanto detto finora l'attività basilare per lo sviluppo della scienza dei materiali è la sperimentazione, mediante la quale si è in grado di scoprire quali lavorazioni funzionano per creare i nuovi materiali richiesti. Esempi di alcuni materiali ottenuti grazie a questi processi sono le leghe metalliche e refrattarie, i polimeri, i superfluidi, i semiconduttori, i superconduttori e i biomateriali. In particolare, recenti sviluppi nell'ambito dell'edilizia riguardano polimeri come l'idrogel, che a contatto con l'acqua sviluppa la capacità di gonfiarsi, oppure bioplastiche utilizzate per sostituire i materiali plastici^[1].

A tale scopo, uno dei materiali più interessanti è indubbiamente il grafene. Quest'ultimo è formato da uno strato bidimensionale di atomi di carbonio disposti in celle esagonali ed è definito come un allotropo del carbonio: formato da sottili strati di carbonio posti gli uni sugli altri, tanto da essere considerato il materiale più sottile al mondo^[2]. La prima qualità da riconoscere al grafene è la sua grande capacità di resistere alle deformazioni^[3], inoltre, possiede un'ottima resistenza termica. Si tratta di un semimetallo, quindi ha una struttura elettronica simile a quella dei semiconduttori, permettendo

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

agli elettroni di muoversi molto rapidamente, cosa che lo rende un ottimo conduttore, aprendo quindi il suo utilizzo anche al campo dei componenti elettronici e dei superconduttori^[3]. Difatti, molte delle sue possibili applicazioni riguardano componenti elettriche ed elettroniche, al punto che la comunità scientifica globale lo identifica come il successore del silicio. Non a caso, il grafene può sostenere una densità di corrente elettrica sei volte maggiore di quella del rame, è leggero, flessibile, impermeabile ed è il materiale più sottile che esista, avendo lo spessore di un solo atomo.

È facilmente intuibile che l'ambito di applicazione del grafene è vastissimo, dalla costruzione di superfici piane molto più resistenti e leggere rispetto ai materiali impiegati allo stato attuale fino alla creazione di componenti elettroniche incredibilmente performanti, quali ad esempio le batterie allo stato solido e i processori di quantum computing e le luci a LED, in grado di rivoluzionare il paradigma esistente che ad oggi ruota completamente intorno al silicio^[2, 3]. Dal momento che il grafene può combinarsi con altre sostanze come metalli e plastiche, rendendole non solo più resistenti ma anche più leggere, la sua applicazione è largamente studiata per adattarsi al campo delle costruzioni e della manifattura in generale. Queste proprietà, infatti, sono reputate molto interessanti nel settore aerospaziale, delle costruzioni e della telefonia. Il rapporto tra superficie e volume garantisce la realizzazione di supercondensatori, in grado di immagazzinare più energia e di ricaricarsi più in fretta. A queste possibili applicazioni si aggiungono, poi, superfici e vernici anti-corrosione, display flessibili, pannelli solari più efficienti (soprattutto se uniti alle celle a perovskite) e numerose applicazioni in campo biomedico e delle neuroscienze. I vantaggi del grafene derivano anche dalle sue possibili applicazioni in ambito tecnologico e di efficienza energetica^[3].

Altra innovazione degna di nota è rappresentata dai Self Healing Materials, manufatti tipo resine epossidiche e polimeri termoindurenti che sono in grado di auto-ripararsi a seguito di danneggiamenti^[4]. Questi materiali uniti alla stampa in 4D rientrano nelle Nano Cure Tech^[5]: la massima espressione dell'impiego di nanotecnologie, attraverso cui è possibile programmare le superfici affinché si riparinino in autonomia. Con la stampa 4D e la tecnologia nano-robotica si è aperta la possibilità di creare superfici in grado di cambiare forma e adattarsi alle esigenze e alle condizioni fisiche cui sono sottoposte. Si tratta principalmente di polimeri a memoria di forma che variano a seconda della condizione termica, oppure elastomeri a cristalli liquidi sensibili al calore^[5].

La scienza dei materiali sta approfondendo anche il ferrofluido o ferro magnetico, ossia composti di particelle ferromagnetiche sospese in un veicolo fluido in grado di polarizzarsi in presenza di un campo magnetico. Queste qualità sono difficili da immaginare applicate ai materiali di uso comune, sembrano appartenenti all'immaginazione di una pellicola fantascientifica. Come in *Terminator II*, in cui un androide è in grado di alterare a piacimento la propria struttura metallica essendo costituito da una lega fluida.

Infine, l'alluminio trasparente è un altro materiale frutto del processo di trasformazione della struttura molecolare di un elemento che viene bombardato con impulsi laser, fino a rimuovere un elettrone dall'atomo senza intaccarne la struttura cristallina. Sia l'Alon sia il Corindone, due derivati dell'alluminio, presentano alti costi di approvvigionamento e di trasformazione – alte temperature, dispendio energetico – per cui il loro uso è relegato a settori di nicchia o altamente specializzati, quali l'industria militare, quella aerospaziale o quella ad alta precisione^[6]. Si stanno studiando modi affinché il nuovo composto possa allargare il panorama delle possibili applicazioni sfruttandolo anche nell'edilizia e nei settori destinati al grande pubblico, proprio in virtù delle sue incredibili potenzialità di trasparenza congiunte all'elevata resistenza sia meccanica sia alle alte temperature e pressioni. Ad esempio, potrebbe essere impiegato per la costruzione di vetrate in grado di resistere a urti e condizioni ambientali molto severe, garantendo allo stesso tempo la completa visione di quanto è all'esterno.

“La scienza dei materiali è una disciplina servente altri settori come quello dell'elettronica, quello meccanico o quello edile.”

Tutte le scoperte sopra elencate appartengono comunque a una disciplina, la scienza dei materiali, servente altri settori come ad esempio quello dell'elettronica, quello meccanico o quello edile.

Infatti, come da precedente esempio, l'alluminio trasparente potrebbe essere utilizzato per costruire superfici incredibilmente resistenti in grado però di consentire anche la visione esterna a una determinata struttura. Anche il grafene, qualora divenisse possibile produrlo su larga scala con costi ed emissioni non troppo proibitive, potrebbe essere utilizzato per rinforzare determinate strutture e per dar vita a una rete elettrica di gran lunga più efficiente di quella attuale, inoltre si potrebbe utilizzare anche per le condutture e i cavi sottomarini. Ancora, il grafene e il grafino, ulteriore allotropo del carbonio, potrebbero essere utilizzati per costruire la parte elettronica di diverse componenti legate alla produzione di energia pulita, motori elettrici, celle d'energia, pannelli solari e generatori, come quelli impiegati in una centrale idroelettrica.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“La scienza dei materiali è in grado di concorrere enormemente al progresso dell’edilizia e della manifattura.”

In virtù di quanto visto e degli esempi portati, la scienza dei materiali è in grado di concorrere enormemente al progresso dell’edilizia e della manifattura nel suo insieme, si pensi anche ai progressi che imprese come Tesla hanno portato nel mondo con la produzione di motori elettrici e celle di energia molto innovative che sfruttano materiali ottenuti attraverso tale disciplina e che ancora potrebbero essere migliorati.

In tutto ciò va inserito anche un altro tassello che lega trasversalmente diverse discipline tra loro, ossia la digitalizzazione, intesa come metodo per efficientare lo studio e la scoperta di nuovi materiali all’avanguardia. Difatti, dall’inizio del XXI secolo lo sviluppo dell’elettronica e dell’informatica ha evidenziato una crescita esponenziale, facilitando in questo modo processi che prima richiedevano molto più tempo. Alla luce di quanto detto finora, cerchiamo di approfondire un ultimo argomento fonte di possibili dibattiti e in armonia con i temi trattati all’interno di questa raccolta: è necessaria la digitalizzazione nella scienza dei materiali? Oppure è sufficiente innovare i materiali per innovare un’infrastruttura?

L’innovazione dei materiali è certamente fondamentale per conseguire risultati sempre migliori tanto a livello di efficacia quanto a livello di efficienza; tuttavia, non si può pensare di slegare tutto ciò da un processo di digitalizzazione che sta interessando in maniera orizzontale tutto il comparto dell’industria nel quale si inserisce anche l’ingegneria dei materiali.

A tal proposito occorre chiedersi quanto si procederebbe più lenti nella scoperta di nuovi composti se tutto ciò non venisse supportato da una struttura sempre più digitalizzata e sempre di più fonte di cambiamenti maggiormente repentini, caratterizzati da un dispendio di tempo esponenzialmente inferiore. Basandosi sull’approccio alla scienza dei materiali compiuto fino a oggi si nota come la parte empirica e di test svolta completamente dall’uomo abbia raggiunto determinati traguardi, caratterizzati, tuttavia, da una velocità di svariati ordini di grandezza inferiore a quella cui assistiamo oggi. Difatti, una delle tesi che spesso viene sostenuta circa le innovazioni adottate negli ultimi vent’anni è quanto questi processi di trasformazione e introduzione di nuove tecnologie siano repentini; tutto ciò è dovuto alla struttura posta dietro a tali processi, che, divenendo sempre più digitalizzata, è in grado di aumentare la velocità e il ritmo delle innovazioni a livelli incomparabili.

Ad esempio, con i progressi che la computer graphic e i processori hanno compiuto fino a oggi i test svolti da chi lavora nell’ambito del Material Science Engineering sono molto più efficaci ed efficienti, portando un mag-

gior numero di risultati in meno tempo e approfondendo dinamiche spesso molto più proficue. Anche la mole di calcoli e le analisi di scenario svolte da nuovi software all'avanguardia consentono uno sviluppo più rapido e l'approfondimento della parte empirica in maniera più completa.

Uno degli apici toccati nell'era dell'informazione e risalente all'ultima decade riguarda proprio i computer quantistici, ossia apparecchi in grado di svolgere così tanti calcoli e mansioni che si avvicinano alla complessità del cervello umano, consentendo, quindi, l'accesso a un nuovo tipo di sviluppo ancora più rapido e completo. Pertanto, i progressi nella scienza dei materiali, allo stato dell'arte, non possono fare a meno anche di progressi ad ampio spettro per quanto concerne il tema della digitalizzazione se vogliono mantenere un ritmo paragonabile a quello cui siamo stati abituati finora.

// REFERENCES

- ^[1] Redazione Italianews. (2022). Cosa sono i biomateriali e come vengono utilizzati nell'edilizia sostenibile? www.italianewsonline.it
- ^[2] Consiglio Nazionale delle Ricerche. (2022). Che cosa è il grafene? www.grafene.cnr.it
- ^[3] Gandelli, S. (2022). Grafene: cos'è, quali sono le sue proprietà e le applicazioni del "materiale del futuro". www.geopop.it
- ^[4] Zhai, L. et al. (2020). Self-Healing Polymers with Nanomaterials and Nanostructures. *Nano Today* 2020, 30, 100826.
- ^[5] Panzeri, S. (2018). La stampa 4D e i materiali smart. www.manufat.com
- ^[6] (2018). Le nuove scoperte sull'alluminio: trasparente come il vetro, resistente come il diamante. www.infis-saper.it

//06

I processi innovativi e le tecnologie emergenti: breve analisi



Alice Rollero
Caterina Torterolo



// ABSTRACT

La trasformazione in corso nell'industria delle costruzioni, catalizzata dall'ampia diffusione della digitalizzazione, rappresenta un evento significativo all'interno di un settore da lungo tempo noto per la sua riluttanza nell'abbracciare le innovazioni tecnologiche. Questa metamorfosi è resa possibile dall'adozione di una serie di tecnologie chiave, tra cui l'Artificial Intelligence e l'analisi dei dati, il Building Information Modeling, il Digital Twin, la robotica collaborativa, i droni, la stampa 3D e le tecnologie di visualizzazione avanzate come la augmented reality e la virtual reality. Questo studio esamina gli impatti di tali innovazioni sulle pratiche e sui processi all'interno dell'industria delle costruzioni; e identifica le sfide e le opportunità emergenti nell'attuale panorama di trasformazione digitale.

// ARTICOLO

L'industria delle costruzioni, conosciuta storicamente per la sua propensione conservatrice nell'adozione di innovazioni tecnologiche, si trova attualmente immersa in una profonda trasformazione, mossa dalla necessità di conseguire obiettivi quali il potenziamento dell'efficienza, il controllo dei costi e il mantenimento di standard qualitativi elevati. Per raggiungere tali obiettivi, il settore ha abbracciato nuove soluzioni digitali e tecnologiche, con un impatto radicale sull'intero ciclo di progettazione, costruzione e gestione di infrastrutture e edifici. Questa metamorfosi è alimentata dalla crescente adozione di tecnologie digitali all'interno del tessuto operativo delle costruzioni, migliorandone la qualità operativa e risparmiando risorse in tutte le fasi della produzione^[1].

L'attuale panorama si caratterizza per un accesso istantaneo a dati affidabili che consente una pianificazione e un controllo più precisi fin dalla fase iniziale di progettazione. L'adozione diffusa di metodi digitali sta ridefinendo radicalmente la gestione dei processi, combinando le competenze umane con la potenza computazionale e la condivisione fluida delle informazioni. Tra le tecnologie guida in questo processo di trasformazione figurano l'Artificial Intelligence (AI) per l'analisi dei dati, il Building Information Modeling (BIM), i Digital Twin (DT), la robotica collaborativa, i droni, la stampa 3D e le tecnologie di visualizzazione avanzate come la augmented reality (AR) e la virtual reality (VR). L'implementazione di metodologie orientate alla gestione avanzata dei processi mediante l'utilizzo di strumenti digitali costituisce un elemento chiave per elevare il controllo operativo all'interno dell'industria delle costruzioni. Questo approccio sinergico amalgama abilità umane con le potenzialità offerte dalle moderne Information and Communication Technologies (ICT), quali la capacità di calcolo, la condivisione delle informazioni e la flessibilità operativa.

In questo contesto, è possibile identificare diverse innovazioni tecnologiche che agiscono come catalizzatori. Queste sono oggetto di particolare attenzione all'interno della documentazione scientifica^[2,3,4]. L'Artificial Intelligence (AI) e l'Internet of Things (IoT) emergono come attori principali, rivoluzionando l'acquisizione e l'interpretazione dei dati in tutte le fasi coinvolte nel processo edilizio.

L'AI si propone come strumento finalizzato all'ottimizzazione dei processi di pianificazione e progettazione delle strutture, con l'obiettivo di incrementare la sicurezza e l'efficienza delle medesime. Ciò avviene me-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

dante l'impiego di approcci analitici basati sull'analisi di dati storici, simulazioni avanzate e processi di ottimizzazione. Nel frattempo, l'IoT si concretizza attraverso una rete di sensori dislocati strategicamente per monitorare costantemente le performance strutturali e l'efficienza energetica degli edifici. Questa raccolta continua di dati fornisce una base solida per il processo decisionale in termini di manutenzione predittiva e a lungo termine^[5].

Il BIM si pone come una risorsa essenziale per la creazione di modelli digitali dettagliati dei progetti edilizi. Inoltre, esso supporta una valutazione dettagliata delle diverse opzioni, rischi e benefici, contribuendo così a un processo decisionale informato e mirato^[6,7]. In aggiunta, i DT costituiscono rappresentazioni virtuali dinamiche di entità reali, che integrano dati multi-sorgente, modelli tridimensionali e informazioni di monitoraggio delle prestazioni. Questa tecnologia complessa trova applicazione attraverso l'uso di sensori IoT, modellazione tridimensionale avanzata, AR, VR, analisi dati e integrazione di informazioni provenienti da varie fonti. Anche se l'implementazione dei DT richiede l'istituzione di standard uniformi per la raccolta e la sicurezza dei dati, questi modelli offrono una prospettiva innovativa mai raggiunta^[8]. VR e AR, inoltre, possono essere utilizzati per sviluppare strategie e misure di sicurezza^[2]. Queste tecnologie di visualizzazione stanno trasformando radicalmente l'esperienza visiva all'interno del settore edilizio, consentendo un'analisi dettagliata dei progetti in anteprima e migliorando i processi di formazione del personale in sicurezza^[4].

Inoltre, l'implementazione della Robotica Collaborativa (RC) rappresenta un punto di svolta, poiché coinvolge robot e operatori umani all'interno di un ambiente comune per affrontare sfide e lavorazioni in comunione. I robot si adattano dinamicamente al contesto mutevole dei cantieri grazie all'utilizzo di sensori e tecnologie di rilevamento, che consentono loro di evitare ostacoli e di adeguarsi alle variabili in gioco. Essi vengono impiegati in una vasta gamma di mansioni, dalla posa precisa e uniforme di mattoni, all'installazione di elementi strutturali, fino alla saldatura, contribuendo significativamente all'incremento dell'efficienza e della qualità nel processo edilizio^[9].

La diffusione crescente dei droni assume un ruolo imprescindibile nei progetti edilizi su vasta scala. Queste apparecchiature vengono impiegate per attività di ispezione in loco, monitoraggio dei tempi e semplificazione delle operazioni di verifica, migliorando così l'efficienza e la regolarità delle analisi e riducendo al contempo le incertezze^[11]. La tecnologia di stampa 3D,

“Nel settore delle costruzioni, l'adozione sempre più diffusa e strategica degli strumenti digitali si basa su una serie di caratteristiche fondamentali che ne guidano l'efficacia e la fruibilità: accessibilità, collaboratività, sicurezza e interoperabilità delle innovazioni”

d'altra parte, si rivela fondamentale per la produzione rapida di oggetti specifici e componenti direttamente sui siti di costruzione. Questo approccio riduce la dipendenza dalle tradizionali catene di approvvigionamento e minimizza gli sprechi di materiali, accelerando il processo di costruzione. Nel 2018, a Nantes, in Francia, è stata realizzata la prima abitazione mediante stampa 3D in appena 54 ore e con l'utilizzo di materiali appositamente formulati per una facile estrusione^[10].

Nel settore delle costruzioni, l'adozione sempre più diffusa e strategica degli strumenti digitali si basa su una serie di caratteristiche fondamentali che ne guidano l'efficacia e la fruibilità. Accessibilità, collaboratività, sicurezza e interoperabilità delle innovazioni costituiscono i pilastri essenziali per una sinergia ottimale nelle dinamiche operative del settore^[4].

L'accessibilità, primariamente, riveste un ruolo fondamentale in quanto è richiesta una flessibilità nei metodi di accesso ai dati. La capacità di utilizzare l'applicazione senza vincoli legati alla piattaforma o al dispositivo permette una portata più ampia e una maggiore adattabilità alle varie esigenze operative. In aggiunta, la collaboratività si configura come un attributo cruciale, specialmente in considerazione della natura interdisciplinare di un progetto edilizio. La possibilità di condividere un ambiente dati comune da varie posizioni e ruoli, con una gestione accurata e controllata dei permessi di accesso, diventa cruciale per il successo dei progetti complessi all'interno del settore delle costruzioni. La sicurezza, d'altro canto, rappresenta un requisito fondamentale, soprattutto in un contesto in cui la gestione di dati sensibili e la protezione delle informazioni confidenziali assumono un ruolo prioritario. Infine, l'interoperabilità emerge come un elemento critico per assicurare una fluida integrazione e una collaborazione armoniosa tra le diverse fasi del processo.

L'adozione di un linguaggio comune o di formati standard, come l'Industry Foundation Class, rappresenta una pietra miliare per agevolare lo scambio di dati tra diverse applicazioni e garantire un'efficace sinergia operativa tra le varie fasi del progetto edilizio. Questi elementi cruciali sottolineano l'importanza di considerare attentamente le peculiarità e le esigenze del settore delle costruzioni al fine di sviluppare e implementare applicazioni efficaci che contribuiscano al progresso e all'ottimizzazione dell'intero processo costruttivo. La loro integrazione mirata non solo ottimizza l'efficienza operativa ma contribuisce anche a migliorare la collaborazione e la sinergia tra i professionisti coinvolti, promuovendo un ambiente costruttivo più sicuro, efficiente e interconnesso. Indubbiamente, lo sviluppo

attuale delle tecnologie nel settore delle costruzioni ha generato un radicale mutamento culturale, in quanto ha introdotto nuovi modelli operativi e ha determinato un cambio di paradigma all'interno del settore. Questo cambiamento ha promosso l'adozione diffusa di strumenti digitali avanzati che facilitano la simulazione di processi complessi e l'analisi approfondita di vaste quantità di dati pertinenti a specifici progetti. Questa trasformazione abbraccia tutte le fasi del ciclo di vita di un'opera, da quella di progettazione sino alla gestione e manutenzione. Nel panorama delle soluzioni digitali emergenti, il concetto di DT si presenta come un catalizzatore chiave dell'innovazione tecnologica in quanto consente l'impiego di un sistema di approvvigionamento e gestione interconnesso e trasparente, realizzato attraverso l'impiego di tecnologie digitali. Ciò consente un monitoraggio continuo dei dati, facilitando l'individuazione tempestiva di anomalie nei sistemi, impianti e infrastrutture, nonché la tempestiva attuazione di interventi preventivi per prevenire guasti e ridurre malfunzionamenti.

“Questo nuovo paradigma ha il potenziale per trasformare radicalmente l'approccio tradizionale, aprendo nuove prospettive per quanto concerne la sostenibilità, la qualità e l'efficacia operativa nel campo delle costruzioni”

Questo sistema di controllo e monitoraggio non solo ottimizza la gestione delle strutture, ma migliora anche la manutenzione e la gestione degli impianti. Tale approccio consente un tracciamento efficace e un controllo migliore dei processi, dei dati storici, delle attrezzature, dei manuali di manutenzione e dei dati di ispezione, contribuendo così a una gestione strategica^[12]. L'abilità di simulare scenari complessi e analizzare un'ampia gamma di dati ha notevolmente potenziato la precisione delle decisioni strategiche. È importante sottolineare che questo mutamento culturale nel settore delle costruzioni non è limitato esclusivamente a un aggiornamento tecnologico, ma rappresenta un progressivo spostamento verso una mentalità maggiormente focalizzata sull'efficienza e l'ottimizzazione delle risorse. Questo nuovo paradigma ha il potenziale per trasformare radicalmente l'approccio tradizionale, aprendo nuove prospettive per quanto concerne la sostenibilità, la qualità e l'efficacia operativa nel campo delle costruzioni. Tuttavia, è fondamentale riconoscere che una transizione completa richiederà un impegno costante nel miglioramento delle competenze professionali, al fine di sfruttare appieno il potenziale offerto da queste nuove tecnologie nel settore delle costruzioni.

In conclusione, sensori, macchine intelligenti, dispositivi mobili e software innovativi sono ora integrati in tutto il processo del settore delle costruzioni per migliorare la qualità dei progetti rendendoli più efficienti, sicuri e sostenibili.

// REFERENCES

[¹] Istituto di gestione dei progetti (2013). Una guida al corpo di conoscenza del Project Management: Guida PMBOK. Istituto di gestione del progetto.

[²] Pan, Y., & Zhang, L. (2021). Roles of artificial intelligence in construction engineering and management: A critical review and future trends. *Automation in Construction*.

[³] Smith, C. J., & Wong, A. T. (2022). Advancements in Artificial Intelligence-Based Decision Support Systems for Improving Construction Project Sustainability: A Systematic Literature Review. In *Informatics* (Vol. 9, No. 2, p. 43).

[⁴] Santoro, M. (2022). Digitalizzazione: i software per gestire al meglio la trasformazione del settore edile. www.ingenio-web.it

[⁵] Dede, T., Kankal, M., Vosoughi, A. R., Grzywiński, M., & Kripka, M. (2019). Artificial intelligence applications in civil engineering. *Advances in Civil Engineering*, 2019.

[⁶] Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology adoption in the BIM implementation for lean architectural practice. *Automation in construction*.

[⁷] Eastman, C. M. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons.

[⁸] Tuhaise, V. V., Tah, J. H. M., & Abanda, F. H. (2023). Technologies for digital twin applications in construction. *Automation in Construction*.

[⁹] Afsari, K., Gupta, S., Afkhamiaghda, M., & Lu, Z. (2018). Applications of collaborative industrial robots in building construction. In *54th ASC Annual International Conference Proceedings* (pp. 472-479).

[¹⁰] Cowan, M. (2018). The world's first family to live in a 3D-printed home. www.bbc.com

[¹¹] 01building. (2023). Cinque trend tecnologici che stanno cambiando il settore edile. www.01building.it

[¹²] Pagani, R. (2023). ConTech: i trend del mercato e la crescita del Digital Twin. www.lamiafinanza.it

//07

Interfacce per l'interazione tra uomo e robot, oltre lo schermo



Alessandro Carfi



// ABSTRACT

Questo articolo delinea in modo conciso il complesso mondo dell'interazione tra l'uomo e le macchine, concentrandosi principalmente sulle interfacce di comunicazione uomo-robot. La nostra esplorazione abbraccerà diversi aspetti chiave, tra cui i vari modi di comunicazione, come verbale, scritto e non verbale. Analizzeremo inoltre gli strumenti fondamentali, sia hardware che software, indispensabili per agevolare questa interazione sinergica. Descriveremo anche le attuali sfide che si presentano in questo ambito con l'obiettivo di delineare un quadro completo dei possibili futuri sviluppi delle interfacce di comunicazione uomo-robot.

// ARTICOLO

L'interazione tra l'uomo e le macchine è oggetto di interesse nella ricerca scientifica e industriale^[1]. Spesso, per garantire un'ampia adozione, una nuova tecnologia richiede interfacce d'interazione semplici e intuitive^[2]. Nonostante i notevoli progressi nella robotica degli ultimi anni, ci sono ancora sfide da superare, come l'autonomia in scenari non strutturati e i costi di produzione elevati, per rendere accessibile questa tecnologia a una vasta popolazione^[3]. Lo studio delle interfacce per l'interazione uomo-robot è cruciale per garantire un'interazione fluida e intuitiva.

Un'interfaccia agisce come punto di convergenza tra due entità, manifestandosi nel campo tecnologico come un programma software o una connessione che facilita la collaborazione tra componenti^[4]. Nell'ambito dell'interazione uomo-robot, un'interfaccia è uno strumento che agevola la comunicazione tra le due entità. Questa comunicazione è un dinamico scambio a doppio senso: gli esseri umani trasmettono informazioni ai robot, e i robot rispondono. Implementare un'interfaccia di comunicazione richiede lo sviluppo di strumenti che consentano ai robot di comprendere e farsi comprendere dagli esseri umani^[5], che spesso vengono creati ispirandosi alla comunicazione umana.

“La comunicazione uomo-uomo può essere esplicita, quando la comunicazione avviene in maniera intenzionale, o implicita, quando una persona comunica un'informazione involontariamente.”

La comunicazione uomo-uomo può essere esplicita (comunicativa), quando la comunicazione d'informazione avviene in maniera intenzionale, o implicita (informativa), quando una persona comunica un qualche tipo d'informazione involontariamente^[6]. Per fare un esempio, consideriamo il gesto di mettere le mani a coppa per bere dell'acqua da una fontanella. Questo gesto non è associato, nelle intenzioni della persona che lo esegue, alla condivisione d'informazione, ma un soggetto esterno potrebbe osservarlo e implicitamente estrarne informazioni, come ad esempio dedurre che la persona era assetata. Al contrario, se una persona esegue lo stesso gesto ma in assenza di acqua lo fa per richiedere esplicitamente da bere. Allo stesso tempo queste due modalità di comunicazione possono coinvolgere diversi canali: verbale, scritto e non verbale^[7, 8]. Partendo da questa conoscenza delle tipologie e modalità di comunicazione umana, un robot può sfruttarle per stabilire interfacce di comunicazione naturali.

Per condurre un'analisi approfondita delle interfacce di comunicazione tra uomo e robot, è essenziale esaminare, anche se in modo generale, il loro funzionamento interno. In questo contesto, un'interfaccia si compone di vari componenti hardware e software, tra cui sensori, attuatori, moduli percettivi, di ragionamento e comuni-

cativi. Ad esempio, considerando un'interfaccia vocale, si richiede un microfono per captare l'audio dell'utente, il quale deve essere elaborato per essere comprensibile al robot. Successivamente, il robot deve elaborare l'input e le informazioni di contesto per determinare la linea d'azione corretta. Infine, è necessario un modulo comunicativo che faccia uso di un attuttore, come un altoparlante, per rispondere all'utente^[9].

Le interfacce di comunicazione uomo-robot possono essere esaminate in base ai componenti hardware impiegati. Come precedentemente illustrato, la comunicazione verbale richiede l'utilizzo di microfoni e altoparlanti, elementi fondamentali quando il robot deve scambiare informazioni verbalmente. Per quanto concerne la comunicazione scritta, esistono diverse soluzioni tecnologiche che permettono agli individui di inserire istruzioni testuali in un sistema digitale, come tastiere, schermi capacitivi o digitalizzatori elettromagnetici^[10]. Inoltre, gli schermi rappresentano uno dei componenti hardware più utilizzati per la comunicazione scritta, con tecnologie varie come LCD (display a cristalli liquidi), LED (light-emitting diode) e OLED (organic light-emitting diode). Sebbene la forma più comune di implementazione di uno schermo sia quella di un monitor o di un cellulare, la stessa tipologia di tecnologia trova applicazione oggi in visori per la realtà virtuale o aumentata^[11]. Infine, l'interazione non verbale abbraccia un ampio spettro di comunicazioni, tra cui gesti, espressioni facciali e sguardo^[12]. A differenza delle comunicazioni verbali e scritte, solitamente esplicite, quelle non verbali possono manifestarsi in modo sia implicito che esplicito. Considerata la varietà delle comunicazioni non verbali, risulta complicato fornire una descrizione esaustiva degli strumenti hardware necessari per la loro implementazione. In questo contesto, ci limitiamo a descrivere una modalità di comunicazione non verbale comunemente studiata: quella gestuale^[13]. I movimenti di una persona possono essere interpretati in base al contesto, assumendo un significato comunicativo implicito o esplicito in base alle intenzioni dell'individuo. Per rilevare il movimento di una persona, sono possibili diverse soluzioni tecnologiche. Una di quelle più comunemente studiate e facilmente implementabili implica l'uso di telecamere per osservare il movimento^[14]. Tuttavia, il ruolo dei sensori indossabili nel monitoraggio del movimento è stato ampiamente esplorato, con le unità di misura inerziali (IMU) comunemente impiegate per percepire il movimento umano^[15]. Invece, un sistema per comunicare informazioni attraverso modalità gestuali può adottare due soluzioni possibili: richiedere un corpo fisico con una struttura cinematica capace di eseguire i movimenti desiderati o, più sempli-

“La descrizione dell’hardware necessario per le diverse modalità di comunicazione da sola non fornisce una comprensione completa del funzionamento di un’interfaccia,,

cemente, utilizzare uno o più schermi per visualizzare il movimento desiderato tramite un agente digitale^[16]. Come precedentemente discusso, questo concetto può essere ampliato a soluzioni tecnologiche più avanzate, come visori di realtà virtuale o mista, che consentono di visualizzare reciprocamente il movimento attraverso un modello 3D o una proiezione olografica^[17].

La descrizione dell’hardware necessario per le diverse modalità di comunicazione da sola non fornisce una comprensione completa del funzionamento di un’interfaccia. Come già illustrato, un’interfaccia richiede la presenza di diversi moduli software^[18]. Questi hanno il compito di elaborare i dati sensoriali al fine di comprendere il contenuto della comunicazione, ragionare sul suddetto contenuto, prendere decisioni in base al contesto e infine generare una risposta utilizzando l’hardware disponibile sulla piattaforma. I moduli software e le soluzioni tecnologiche per il loro sviluppo variano notevolmente a seconda delle modalità di comunicazione scelte, delle caratteristiche dell’hardware e di altri vincoli specifici dello scenario, come la limitata capacità di calcolo o le preoccupazioni sulla privacy. È importante evidenziare che l’input del sistema, ovvero le informazioni raccolte dalla persona, e l’output del sistema, ossia la risposta del robot, costituiscono moduli indipendenti collegati attraverso i moduli software responsabili dell’elaborazione delle risposte. Di conseguenza, le interfacce per l’interazione uomo-robot possono integrare diverse modalità di comunicazione, e non è affatto scontato che la modalità di comunicazione utilizzata dal robot per rispondere sia identica a quella impiegata dalla persona^[19]. Inoltre, è altresì possibile che una singola comunicazione sia il risultato della sincronizzazione di diverse modalità di comunicazione, come spesso avviene con la gestualità associata al linguaggio parlato^[20].

Nonostante l’ampia ricerca sull’interazione uomo-robot e sulle tecnologie per lo sviluppo di interfacce di comunicazione tra di essi, al giorno d’oggi le soluzioni attualmente disponibili risultano ancora insufficienti per garantire una diffusa adozione delle tecnologie robotiche. Molte piattaforme, alcune delle quali sono commercialmente disponibili, spesso implementano interfacce di comunicazione vocali che, tuttavia, non riescono completamente a catturare la ricchezza della comunicazione verbale umana. Il progresso nelle tecnologie di base, come sensori più precisi e algoritmi più sofisticati, è fondamentale per migliorare queste interfacce, rendendo il loro utilizzo più intuitivo. Un esempio recente di tali progressi è rappresentato dalle intelligenze artificiali generative, che stanno consentendo la realizzazione di interfacce basate sulla comunicazione

verbale o scritta notevolmente più affidabili^[21]. Infine, per chiudere veramente il cerchio, le interfacce di interazione uomo-robot dovranno prevedere un'integrazione più stretta delle diverse modalità di comunicazione, in modo che possano essere selezionate in modo naturale in base al contesto.

// REFERENCES

^[1] Scibilia, A., Pedrocchi, N., & Fortuna, L. (2022). Human control model estimation in physical human-machine interaction: A survey. *Sensors*, 22(5), 1732.

^[2] Granić, A. (2017). Technology in use: The importance of good interface design. In 2017 International Conference on Infocom Technologies and Unmanned Systems (Trends and Future Directions) (ICTUS) (pp. 43-49).

^[3] Kragic, D., Gustafson, J., Karaoguz, H., Jensfelt, P., & Krug, R. (2018). Interactive, Collaborative Robots: Challenges and Opportunities. In 2018 International Joint Conferences on Artificial Intelligence (IJCAI) (pp. 18-25).

^[4] dictionary.cambridge.org

^[5] Hellström, T., & Bensch, S. (2018). Understandable robots-what, why, and how. *Paladyn, Journal of Behavioral Robotics*, 9(1), 110-123.

^[6] Lyons, J. (1977). *Semantics*. 1. Cambridge University Press.

^[7] Alsaawi, A. (2019). Spoken and written language as medium of communication: A self-reflection. *International Journal of Applied Linguistic & English Literature*, 8 (2).

^[8] Wallbridge, S., Bell, P., & Lai, C. (2021). It's not what you said, it's how you said it: discriminative perception of speech as a multichannel communication system. *arXiv preprint arXiv:2105.00260*.

^[9] Stuede, M., Wilkening, J., Tappe, S., & Ortmaier, T. (2019). Voice recognition and processing interface for an interactive guide robot in an university scenario. In 2019 19th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS) (pp. 1238-1242).

^[10] Isokoski, P., & Raisamo, R. (2000). Device independent text input: A rationale and an example. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces* (pp. 76-83).

^[11] Lee, B., & Jo, Y. (2021). Display Techniques for Augmented Reality and Virtual Reality. *Advanced Display Technology: Next Generation Self-Emitting Displays*, 307-328.

^[12] Gon, S., Ma, H., Wan, Y., & Xu, A. (2019). Machi-

ne learning in human-computer nonverbal communication. In *NeuroManagement and Intelligent Computing Method on Multimodal Interaction* (pp. 1-7).

^[13] Carfi, A., & Mastrogiovanni, F. (2023). Gesture-based human-machine interaction: Taxonomy, problem definition, and analysis. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 53(1), 497-513.

^[14] Ravipati, A., Kondamuri, R. K., & Posenia, M. (2023). Vision Based Detection and Analysis of Human Activities. In *2023 7th International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 1542-1547).

^[15] Carfi, A., Motolese, C., Bruno, B., & Mastrogiovanni, F. (2018). Online human gesture recognition using recurrent neural networks and wearable sensors. In *2018 27th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)* (pp. 188-195).

^[16] Lastrico, L., Duarte, N. F., Carfi, A., Rea, F., Sciutti, A., Mastrogiovanni, F., & Santos-Victor, J. (2023). Expressing and inferring action carefulness in human-to-robot handovers. In *2023 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 9824-9831).

^[17] Macciò, S., Carfi, A., & Mastrogiovanni, F. (2022). Mixed Reality as Communication Medium for Human-Robot Collaboration. In *2022 International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 2796-2802).

^[18] Mohamed, Y., & Lemaignan, S. (2021). Ros for human-robot interaction. In *2021 IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS)* (pp. 3020-3027).

^[19] Xue, T., Wang, W., Ma, J., Liu, W., Pan, Z., & Han, M. (2020). Progress and prospects of multimodal fusion methods in physical human-robot interaction: A review. *IEEE Sensors Journal*, 20(18), 10355-10370.

^[20] Pérez-Mayos, L., Farrús, M., & Adell, J. (2020). Part-of-speech and prosody-based approaches for robot speech and gesture synchronization. *Journal of intelligent & robotic systems*, 99(2), 277-287.

^[21] Zhang, C., Chen, J., Li, J., Peng, Y., & Mao, Z. (2023). Large language models for human-robot interaction: A review. *Biomimetic Intelligence and Robotics*, 100131.

//08

Ambienti urbani in condivisione uomo-robot e infrastrutture



Federico Campanini



// ABSTRACT

Ogni grande rivoluzione ha comportato trasformazioni sull'ambito urbano. Queste sono dovute principalmente all'introduzione di nuove tecnologie la cui diffusione su ampia scala comporta la necessità di provvedere a un'infrastruttura per garantirne il corretto funzionamento. Se la ruota auspica una superficie lastricata, l'illuminazione pubblica di reti e tralicci, Internet di ripetitori e server, anche le tecnologie 4.0, in particolare quelle robotiche, necessiteranno di specifici accorgimenti in tal senso. A partire da aspetti energetici, passando per la sensoristica, i ricoveri e la gestione dei dati, il lettore potrà cominciare a immaginare quali saranno le nuove infrastrutture che segneranno il passaggio della quarta rivoluzione sulle nostre città.

// ARTICOLO

Con l'ingresso nella quarta rivoluzione industriale le tecnologie 4.0 stanno progressivamente migrando dall'ambito produttivo verso quello urbano. Questa transizione non è sempre immediata, a causa soprattutto della complessità di processi e attori coinvolti.

È possibile individuare un legame tra il susseguirsi delle differenti epoche industriali e lo sviluppo dei centri urbani che presentano continue trasformazioni e innovazioni. Un esempio è osservabile nel caso dei trasporti: a partire dalla realizzazione dei sistemi di trasmissione, prima a vapore e successivamente a combustibile fossile, le città hanno cominciato a espandersi in maniera nettamente più rapida rispetto a quanto fosse mai avvenuto prima, questo perché spostarsi divenne sempre più rapido e confortevole. In questo contesto, i centri urbani si popolano di nuovi elementi e 'abitanti' dello spazio: i veicoli. Questi richiedono un imponente sistema infrastrutturale (strade, aree di sosta, stazioni, ambienti per il rifornimento) che oggi occupa gran parte dello spazio a disposizione. L'impatto del mezzo privato sulle persone è talmente forte che in Italia, ad esempio, viene normato che ciascun abitante disponga di almeno 2,5 mq di parcheggio come dotazione minima.

Oggi, nella quarta rivoluzione, in un certo senso la storia si ripete, dal momento che ci si prepara a ospitare un nuovo utente nello spazio pubblico.

Uno degli aspetti chiave dell'industria 4.0 consiste, infatti, nell'automazione, in particolare nella robotica collaborativa: un concetto che presuppone la cooperazione tra uomo e macchina, differenziandosi dall'approccio tradizionale caratterizzato da barriere e compartimentazioni. Il raggiungimento di questa collaborazione è possibile grazie allo sviluppo di tecnologie che rendano i robot sicuri nell'interazione con l'uomo.

Alcuni studi dimostrano, infatti, come la collaborazione in ambito manifatturiero riesca a migliorare la produttività, a patto che specifici accorgimenti vengano adottati in modo da favorire l'accettazione della tecnologia da parte dei lavoratori^[1,2]. Uomini e robot potranno quindi presto coesistere nello spazio, così come già accade all'interno degli stabilimenti produttivi.

Sistemi intelligenti come sensori e veicoli, sono sempre più presenti tra noi: dagli smart device ai rilevatori di temperatura, emissioni, rumore, fino ai mezzi autonomi - in tutto o in parte. Sempre più utenti popolano lo spazio ed è prevedibile che questo comporti un'ulteriore grande trasformazione delle nostre città: un aggiornamento alla versione 4.0.

“Uomini e robot potranno quindi presto coesistere nello spazio, così come già accade all'interno degli stabilimenti produttivi,,

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

Tradizionalmente, però, entità di questo genere operano in particolari contesti, ambienti controllati o semi-controllati, di conseguenza il loro inserimento in uno spazio nuovo, per molti versi complesso e popolato da persone, va attentamente valutato^[3]. Traslare tecnologie sviluppate in ambito industriale verso quello urbano costituisce una sfida per il professionista del domani. Architetti, ingegneri e pianificatori devono iniziare a immaginare la città del futuro ed è necessario che comincino farlo anche i suoi abitanti.

Una delle principali criticità associate all'introduzione di sistemi autonomi in ambito urbano è legata alla percezione dello spazio. Proprio il concetto di 'autonomia' auspica che un dispositivo sia in grado di prendere decisioni senza l'intervento dell'uomo, come per esempio il dover scegliere il percorso più adatto per raggiungere una meta o svolgere un compito. L'ambito urbano è complicato, a causa di aspetti fisici e immateriali: fisici come lo spazio, le dimensioni, la sconfinatezza dei luoghi; immateriali come i diversi attori coinvolti, il tema delle norme e convenzioni sociali. Va inoltre specificato che lo spazio che gli uomini condividono non è relativo solamente a ciò che è puramente umano, ma comprende anche 'intermediari' tecnologici e infrastrutturali che non devono essere dimenticati^[4].

Nel progettare lo spazio in modo che i robot possano funzionarvi correttamente sono perseguibili due approcci: da un lato è possibile lavorare sulla macchina, affinando le tecnologie che la costituiscono, il che spesso comporta importanti investimenti in ricerca e sviluppo; alternativamente è possibile agire fisicamente sullo spazio, su ciò che circonda la macchina, in modo da renderlo per quest'ultima più facilmente comprensibile. Così come la città 2.0 si è dotata di autostrade e aeroporti, e quella 3.0 di antenne e sistemi di comunicazione, è intuibile che anche la prossima versione necessiterà di un'apposita infrastruttura per funzionare correttamente.

Le recenti tecnologie, e quindi anche i sistemi autonomi, allineandosi alle disposizioni comunitarie in merito a risparmio di risorse e riduzione di emissioni nocive, funzionano prevalentemente a energia elettrica. Da alcuni anni, ad esempio, nelle nostre città hanno iniziato a comparire colonnine o stazioni di ricarica, che tuttavia stanno causando alcuni problemi legati alla loro distribuzione, capillarità e usabilità e di conseguenza non sembrano essere una soluzione auspicabile a lungo termine. L'introduzione di una nuova tecnologia va quindi attentamente studiata affinché si adatti alle reali necessità della città del futuro.

“In generale, per agevolare l’ingresso di tecnologie robotiche in ambito urbano, è possibile ricorrere a due approcci: l’uno punta all’ingegnerizzazione dell’ambiente nel quale inserire il mezzo, l’altro, invece, lavora sulla tecnologia da integrare al veicolo.”

In generale, per agevolare l’ingresso di tecnologie robotiche in ambito urbano, è possibile ricorrere a due approcci: l’uno punta all’ingegnerizzazione dell’ambiente nel quale inserire il mezzo, l’altro, invece, lavora sulla tecnologia da integrare al veicolo. L’infrastruttura energetica a servizio dei robot autonomi – Robotics and Autonomous Systems (RAS) – che dovranno circolare lungo strade, marciapiedi, ma anche nello spazio aereo, può considerarsi del tutto assimilabile a quella adatta ai veicoli. Le più recenti soluzioni cercano di sfruttare tecnologie wireless o induttive, più versatili e applicabili in varie configurazioni. I sistemi di ricarica integrati all’infrastruttura stradale possono essere divisi in tre categorie: statiche o fuori-corsia, come parcheggi privati o stalli a bordo strada; semidinamiche, come le zone riservate ai taxi o i semafori; dinamiche o su corsia, come le apposite tratte in autostrada^[5]. La scelta dipende dalla potenza necessaria, dalla distanza minima richiesta tra sorgente e target e da temi e velocità di ricarica.

A35 Brebemi, ad esempio, insieme con Stellantis, ABB, Mapei e altre aziende leader, ha realizzato un tratto autostradale sperimentale specificatamente per la mobilità elettrica^[6]. ‘Arena del Futuro’ è il tracciato che permette la ricarica di veicoli sia in condizioni statiche, sia dinamiche. Si configura, inoltre, come ambiente sperimentale al fine di studiare l’opportunità di estendere il progetto anche ad altre porzioni della rete. Ciò potrebbe essere applicabile anche in ambito urbano a servizio di RAS, riducendo la necessità e il relativo ingombro di batterie a elevata capacità.

Quello della sensoristica è un tema trasversale a molti ambiti e che interessa funzioni differenti. Sono necessarie, infatti, particolari soluzioni che facilitino la raccolta e la lettura dei dati da parte dei RAS. I sensori consentono ai robot non solo di aumentare la loro produttività, ma anche di collaborare con gli operatori umani in maggiore sicurezza^[7]. In un certo senso si tratta di ‘occhi’, con la differenza che ogni entità ne possiede generalmente più di un paio; inoltre, uno stesso sensore può essere condiviso e utilizzato da macchine diverse.

Spazi, oggetti e persone devono poter essere agevolmente interpretabili. Per ciascuno di questi elementi è possibile prevedere dispositivi in grado di raccogliere informazioni. Questi possono registrare immagini, informazioni sulla posizione come altitudine, localizzazione GPS, nuvole di punti. Alcuni possono essere utilizzati per controllare caratteristiche ambientali come temperatura, presenza di fumo e grado di umidità e ancora l’entità di una forza, di una pressione o la prossimità di un corpo. Queste ultime capacità sono essenziali per garantire la sicurezza nell’interazione fisica tra uomo e

macchina. L'utilizzo di sensori indossabili può aiutare il robot a conoscere informazioni sullo stato d'animo dell'utente che gli si trova davanti, su possibili intenzioni e necessità. Il loro vantaggio è la possibilità di essere minimamente o affatto invasivi e, al contempo, permettere una raccolta continua di dati trasmissibile wireless^[8]. Un assistente robotico potrebbe quindi capire se gli si sta avvicinando lo stia facendo con l'intento di iniziare un'interazione, e quindi fermarsi, oppure se le loro strade si siano incrociate per caso, e quindi proseguire. L'integrazione di sensori in spazi pubblici, edifici o infrastrutture, è un tema già ampiamente discusso. Ponti, gallerie e grattacieli di nuova progettazione sono già sufficientemente tecnologicamente dotati e i sistemi RAS possono allacciarsi alle loro reti di dati, in modo da trarne informazioni utili per assolvere a compiti o pianificare gli spostamenti.

Il principale requisito affinché un robot possa essere impiegato in ambito urbano è che sia una macchina da esterno. L'abilità di deambulare su superfici tipiche delle città, l'eventualità che possa incontrare polvere, terra, ostacoli vari, ma soprattutto che possa essere sorpreso dalla pioggia mentre è in azione, sono aspetti da tenere in conto. A questo proposito è opportuno porsi la questione della necessità di ricoveri, fissi o temporanei, per i robot quotidianamente in servizio. Questi potrebbero assolvere principalmente a tre funzioni, non per forza co-presenti e attive simultaneamente. Innanzitutto, è necessario proteggere le macchine da eventi eccezionali che potrebbero metterne a rischio il funzionamento. Inoltre, questi spazi potrebbero essere occupati dalla macchina nel periodo di inattività, o perché momentaneamente non necessaria o perché in attesa di manutenzione; una sorta di parcheggio. Infine, potrebbero assolvere al compito di ricaricare il robot, in riferimento a quanto descritto sopra.

Riguardo a strutture del genere non sono ancora stati riscontrati studi o progetti, ma si ritiene di rilevante importanza cominciare a pensare a quanto spazio potrebbe essere necessario, a dove collocarlo, quali parametri ne dovrebbero guidare la pianificazione e progettazione. Per fornire al lettore un'idea, ciò che di più simile è stato osservato consiste in uno studio sulla sosta di droni su pali di illuminazione, prevalentemente per la ricarica, ma anche per sicurezza in situazioni di forte vento^[9]. I dati sono una risorsa strategica per il funzionamento di RAS, che ne costituiscono, inoltre, uno strumento per la raccolta. Oggi molti processi vengono monitorati con modelli virtuali, spesso di entità importanti e in costante aggiornamento. La grande quantità di dati e di informazioni che devono essere raccolte, scambiate ed elaborate

rende necessario individuare uno spazio, un'infrastruttura non solo digitale, ma soprattutto fisica.

Tradizionalmente i Data Centres sono collocati prevalentemente in luoghi dislocati. I dati vengono archiviati in enormi server, grandi 'contenitori' collocati dove ritenuto più conveniente, sparsi tra i continenti. L'aumentare del traffico di dati, i requisiti di velocità e le condizioni geo-politiche non sempre favorevoli stanno spostando il bilancio costi-benefici verso altre soluzioni. Attualmente è considerato più sostenibile l'installazione di queste infrastrutture digitali in modo più diffuso sul territorio. Soluzioni puntuali e di minor impatto, che possano integrare al loro interno funzioni differenti e rivolte alla comunità, sono una scelta preferibile^[10].

Strutture così concepite possono esistere principalmente in tre configurazioni differenti: in edifici appositamente realizzati; inseriti in sistemi urbani esistenti, come integrazione e recupero; come parte di nuovi edifici, dedicati a differenti funzioni.

Le sfide che presenta la concezione di questi elementi riguardano l'efficienza energetica, la capacità di integrazione con il contesto e la flessibilità, intesa come scalabilità e riconfigurabilità nel tempo. In particolare, la prima sfida è di grande interesse a causa della grande quantità di risorse necessarie al funzionamento delle macchine, si pensi anche solo al loro raffreddamento. Tanto è vero che alcune aziende stanno investendo sulla possibilità di recuperare il calore sprigionato dai server per indirizzarlo ad abitazioni e uffici, così da ridurre i consumi e non sprecare una risorsa preziosa^[11].

Nel facilitare l'ingresso di robot nello spazio pubblico, e quindi a stretto contatto con l'uomo, per aumentarne le capacità e l'efficienza nello svolgimento dei compiti, sia nella vita quotidiana, così come in quella professionale, sono perseguibili due approcci.

Da una parte sarebbe consigliabile assegnare il compito all'ingegneria robotica: sviluppare tecnologie sempre più performanti. Dall'altra sarebbe necessario fare in modo che i luoghi abitati dagli uomini siano più facilmente identificabili da robot e macchine. Questo secondo approccio rispecchia quanto attualmente avviene all'interno dell'industria e degli stabilimenti produttivi, dove percorsi, aree e attrezzature sono studiati al fine di migliorare l'efficienza e la produttività. Traslare questo modo di operare sull'ambiente urbano comporta urgenti ragionamenti su come evolverà lo spazio, sia in termini di infrastrutture necessarie, ma anche di gestione. Ciò è necessario affinché l'idea di fornire una maggior semplificazione e comprensibilità per i robot

“Nel facilitare l'ingresso di robot nello spazio pubblico, e quindi a stretto contatto con l'uomo, per aumentarne le capacità e l'efficienza nello svolgimento dei compiti, sia nella vita quotidiana, così come in quella professionale, sono perseguibili due approcci”

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

non si traduca in una perdita della vivibilità di un luogo per l'uomo. Comprensibilmente l'approccio più efficace potrebbe corrispondere a un compromesso tra i due, perciò è necessario che ciascuno lavori nella propria direzione con l'obiettivo comune di rendere la convivenza uomo-robot efficiente, sicura ed efficace.

Il processo è in parte già in atto: veicoli autonomi popolano già le nostre strade, sistemi intelligenti ci aiutano nella gestione dei consumi energetici, edifici e infrastrutture sono connessi; ma servirà tempo per poter osservare e valutare le trasformazioni che avverranno nei luoghi che abitiamo. Come gran parte delle evoluzioni che hanno segnato l'ambito urbano, non sarà del tutto controllabile, ma è necessario prenderne coscienza e, in qualche modo, arrivare preparati.

Conoscere le opportunità, ma soprattutto i rischi posti dalle nuove tecnologie sarà fondamentale per assicurare che il loro utilizzo comporti effettivamente un miglioramento per le nostre vite.



// REFERENCES

- [¹] Capitanelli, A., Maratea, M., Mastrogiovanni, F., & Vallati, M. (2018). On the manipulation of articulated objects in human–robot cooperation scenarios. *Robotics and Autonomous Systems*, 109, 139–155. <https://doi.org/10.1016/J.ROBOT.2018.08.003>
- [²] Strassmair, C., & Taylor, N. K. (2014). Human Robot Collaboration in Production Environments. researchportal.hw.ac.uk
- [³] While, A. H., Marvin, S., & Kovacic, M. (2021). Urban robotic experimentation: San Francisco, Tokyo and Dubai. *Urban Studies*, 58(4), 769–786. <https://doi.org/10.1177/0042098020917790>
- [⁴] Amin, A. (2008). Collective culture and urban public space. *City*, 12(1), 5–24. <https://doi.org/10.1080/13604810801933495>
- [⁵] Wireless Charging Market for Electric Vehicles 2023-2033: Technology, Players and Forecasts: IDTechEx. (n.d.). www.idtechex.com
- [⁶] “Arena del Futuro” – il primo progetto mondiale di innovazione collaborativa per la mobilità a zero emissioni delle persone e delle merci verso la carbon neutrality – A35 Brebemi. (n.d.). www.brebemi.it
- [⁷] Sensori per la robotica 2023-2043: tecnologie, mercati e previsioni: IDTechEx. (n.d.). www.idtechex.com
- [⁸] Dr Tess Skyrme, D. M. D. and B. B. (2022). Wearable Sensors 2023-2033. 381. www.idtechex.com
- [⁹] Mirzaeinia, A., & Hassanalian, M. (2019). Minimum-Cost Drone–Nest Matching through the Kuhn–Munkres Algorithm in Smart Cities: Energy Management and Efficiency Enhancement. *Aerospace* 2019, Vol. 6, Page 125, 6(11), 125.
- [¹⁰] Data Center in the Future City - TARI-ARCHITECTS. (n.d.). www.tari-architects.com
- [¹¹] These companies are using data centres to heat cities | World Economic Forum. (n.d.) www.weforum.org

//09

Innovazione tecnologica nell'AEC: fiducia e trasparenza



Andrea Limone
Samuele Bruni



// ABSTRACT

Questo contributo si concentra sugli aspetti spesso trascurati ma fondamentali nell'innovazione tecnologica nel settore edilizio. Verrà analizzata l'importanza della condivisione e gestione dei dati, le sfide legate alla digitalizzazione, l'equilibrio tra automazione e occupazione umana, e la sicurezza. Inoltre si esaminerà come la trasparenza e la fiducia possano guidare l'adozione di nuove tecnologie nel settore delle infrastrutture e delle costruzioni. Si illustra come la gestione di informazioni digitali, l'adattamento alla digitalizzazione, l'equilibrio tra l'automazione e il lavoro umano, la sicurezza e la costruzione di una cultura basata su trasparenza e fiducia siano ciascuno elementi chiave per il successo dell'innovazione tecnologica nel settore edilizio.

// ARTICOLO

L'innovazione tecnologica nel settore edilizio sta rivoluzionando il modo in cui si progettano, costruiscono e gestiscono le infrastrutture. Tuttavia, mentre l'attenzione è spesso focalizzata sulla tecnologia stessa, esistono aspetti critici che influenzano l'accettabilità di queste nuove tecnologie. Questo contributo vuole esaminare cinque punti chiave: la condivisione dei dati; i problemi relativi alla digitalizzazione e all'automazione; la sicurezza; la trasparenza; la fiducia.

La gestione efficace dei dati è di importanza cruciale, ma sorgono frequentemente preoccupazioni legate alla legittimità dell'utilizzo e alla privacy. È imperativo sviluppare politiche e infrastrutture che garantiscano la conformità normativa e la protezione dei soggetti coinvolti. Questo processo comporta la raccolta, l'archiviazione e la condivisione di una vasta quantità di informazioni, rendendo essenziale l'aderenza alle leggi e alle regolamentazioni vigenti, come il Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati 2016/79^[1]. Ciò richiede l'adozione di politiche interne e procedure per l'utilizzo conformi alle leggi sulla privacy, in modo tale da garantire trasparenza e controllo delle informazioni.

“La sicurezza è prioritaria e con l'implementazione di misure robuste è possibile prevenire violazioni e garantire la protezione delle informazioni.”

La sicurezza è prioritaria e con l'implementazione di misure robuste è possibile prevenire violazioni e garantire la protezione delle informazioni. La creazione di politiche e infrastrutture per la gestione dei dati è un processo complesso da assicurare su tutta la filiera del dato: la raccolta, l'archiviazione, l'uso, la protezione e la condivisione. Inoltre, è richiesta la capacità di adattarsi alle evoluzioni normative e tecnologiche per favorire la 'data governance'^[2]. Solo attraverso politiche ben strutturate e infrastrutture adeguate è possibile garantire che l'innovazione sia condotta in modo etico e conforme alle normative, consentendo al settore edilizio di beneficiare appieno delle tecnologie in modo responsabile^[3]. Tuttavia, questo processo può incontrare resistenza da parte di coloro abituati al sistema tradizionale. Sono, quindi, essenziali sia la formazione sia l'alfabetizzazione digitale per consentire agli operatori di settore di adottare appieno le nuove tecnologie. Un'educazione personalizzata fornisce le competenze necessarie per utilizzare le nuove tecnologie, mentre l'alfabetizzazione digitale offre una comprensione più ampia dei concetti, migliorando l'efficienza^[4].

Infine, l'automazione può suscitare preoccupazioni relative alla perdita di posti di lavoro. È cruciale, perciò, sviluppare strategie che promuovano la collaborazione tra esseri umani e robot, garantendo che l'automazione migliori l'efficienza senza compromettere l'occupazio-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“Nel settore edilizio anche i più ottimisti definiscono come irrealistico uno scenario nel quale ci sia una completa indipendenza delle macchine; vi sarà quindi la necessità di sviluppare e spingere la collaborazione tra queste e l'uomo”

ne. Questo richiede la redistribuzione dei compiti, la formazione, la progettazione di sistemi di lavoro congiunto e il riconoscimento delle competenze umane^[5].

Ovviamente quando si parla di automazione gli ambiti di applicazione sono molteplici, così come lo sono le perplessità e le preoccupazioni. Nel settore edilizio anche i più ottimisti definiscono come irrealistico uno scenario nel quale ci sia una completa indipendenza delle macchine; vi sarà quindi la necessità di sviluppare e spingere la collaborazione tra queste e l'uomo, così da aiutare lo sviluppo di quello che è tradizionalmente uno dei settori più lenti nell'adozione di tecnologie innovative^[6]. Questo perché potrebbe aiutare a incrementare i livelli di sicurezza in un settore in cui, ancora oggi, il numero di infortuni sul lavoro è decisamente troppo alto^[7].

La sicurezza nel settore edilizio è cruciale per proteggere gli operatori, ridurre i costi e garantire la conformità normativa. L'introduzione di nuove tecnologie può comportare la mitigazione di alcune criticità e migliorare l'efficienza, ma allo stesso tempo può portare rischi aggiuntivi, inclusi problemi di sicurezza e l'obsolescenza delle tecnologie esistenti^[8]. È necessario, dunque, valutare attentamente questi rischi e implementare misure adeguate per garantire la sicurezza dei lavoratori e dei progetti. Per garantire la sicurezza nell'implementazione, è fondamentale seguire una serie di passaggi chiave. Inizialmente, è cruciale condurre un'attenta valutazione dei rischi legati all'utilizzo delle nuove tecnologie, coinvolgendo tutti gli aspetti dell'implementazione, dalla fase di acquisizione delle attrezzature alla formazione dei lavoratori. Poiché le criticità possono variare in base alla specifica tecnologia adottata, una volta identificati i rischi, occorre fornire una formazione completa ai lavoratori, che copra l'uso sicuro delle nuove tecnologie, comprese le procedure di emergenza e la gestione dei dispositivi in situazioni critiche. Un personale ben addestrato, come detto, è essenziale per ridurre il rischio di incidenti. L'adozione delle nuove tecnologie dovrebbe avvenire in modo graduale per consentire ai lavoratori di abituarsi alle nuove attrezzature e ai processi in modo più sicuro, riducendo il rischio di errori dovuti alla novità tecnologica. Le nuove tecnologie, infatti, richiedono manutenzione regolare per garantire un funzionamento sicuro^[9], riducendo i rischi legati a guasti tecnici o malfunzionamenti. Il monitoraggio costante delle operazioni è essenziale per identificare tempestivamente potenziali problemi di sicurezza. L'utilizzo di sensori e sistemi di monitoraggio avanzati rappresenta una soluzione tecnologica all'avanguardia che riveste un ruolo cruciale nella sorveglianza costante di processi e ambienti. Questi dispositivi sono in grado di rilevare

in tempo reale anomalie, variazioni e condizioni non prevederite, consentendo di intervenire prontamente per prevenire incidenti, ridurre i rischi e migliorare l'efficienza dei processi industriali e delle attività quotidiane.

Se si promuove una cultura della sicurezza, i lavoratori si sentono incoraggiati a segnalare eventuali problemi o preoccupazioni legati alla sicurezza senza timore di ritorsioni. Le aziende devono dimostrare un impegno per la fiducia nelle operazioni al fine di favorire la soddisfazione dei clienti e il successo aziendale.

In conclusione, l'innovazione tecnologica nel settore edilizio non riguarda solo l'adozione di nuove tecnologie, ma anche la gestione efficace dei dati, l'equilibrio tra automazione e occupazione, la sicurezza sul luogo di lavoro e la costruzione di trasparenza e fiducia. Affrontando questi aspetti critici è possibile sfruttare appieno il potenziale delle nuove tecnologie, garantendo al contempo un futuro sostenibile e una maggiore accettabilità per tutti gli stakeholder.

// REFERENCES

- [1] Parlamento Europeo. (2016). Regolamento (UE) 2016/679
- [2] Cosa si intende per governance dei dati? (2022) www.ibm.com
- [3] Centro Regionale di Informazione delle Nazioni Unite. (2023). Obiettivo 9: Costruire un'infrastruttura resiliente e promuovere l'innovazione ed una industrializzazione equa, responsabile e sostenibile.
- [4] Iacono, N. (2020). Europa, il nuovo piano che "resetta" la formazione nell'era digitale. www.agendadigitale.eu
- [5] Redazione lavorofacile.it (2022). Robotica e automazione: quali sono i rischi e le opportunità per la salute e sicurezza sul lavoro? www.lavorofacile.it
- [6] Morning future. (2022). Edilizia del futuro: come cambia il settore tra nuove professioni e formazione. www.morningfuture.com
- [7] Redazione LaStampa. (2023). Boom degli incidenti sul lavoro: figure diverse per sicurezza e direttore lavori.
- [8] Agenzia europea per la sicurezza e la salute sul lavoro. (2021). Rischi emergenti. osha.europa.eu
- [9] Wolters Kluwer. (2021). Sicurezza in azienda e nuove priorità: un approccio strutturato per affrontarle. www.wolterskluwer.com
- [10] Sick. (2021). IoT e sensori monitoraggio ambientale: perché migliorano l'impianto produttivo. www.sick.com

//10

Non inventare di nuovo la ruota da zero: imitare per innovare



Daniele Soraggi



// ABSTRACT

Il settore delle costruzioni è rimasto in una situazione di stallo d'innovazione per troppo tempo. Infatti, escludendo le innovazioni su nuovi materiali, le nuove tecnologie hanno da sempre faticato nell'essere introdotte. Lo scopo di questo contributo è la definizione di una metodologia in grado di classificare e distinguere le nuove tecnologie che vengono introdotte in altri settori industriali e capirne la loro possibile applicazione e introduzione nell'AEC. La cross-fertilization industriale di conoscenza e tecnologie può rappresentare un utile acceleratore del processo che conduce verso una nuova era del settore delle costruzioni? Imitare dai settori più tecnologicamente avanzati per evitare di inventare ciò che esiste già e recuperare il gap.

// ARTICOLO

Il gap relativo alla ricerca e sviluppo di nuove tecnologie all'interno dell'AEC – Architecture, Engineering e Construction – rispetto ad altri settori industriali è sempre più manifesto ed evidenzia una certa difficoltà nell'introduzione di nuove tecnologie su larga scala. Difficoltà che può essere ricondotta a diversi fattori inibitori: il numero ridotto di economie di scala all'interno di un settore altamente frammentato; l'assenza di iniziative e di formazione delle aziende e dei dipendenti; la natura multidisciplinare di ogni progetto e la presenza di più team generano difficoltà nel riconoscere ruoli, responsabilità e distribuzione dei benefici^[1]. Questo decennio si è aperto all'insegna della digitalizzazione, la via da percorrere per entrare nella quarta rivoluzione industriale e per rimanere in scia dello sviluppo tecnologico sempre più rapido. Chiedersi come un settore tradizionalmente analogico come l'AEC possa digitalizzarsi è una domanda assolutamente legittima tuttavia, forse, occorre spostare lo sguardo altrove e chiedersi come possa farlo velocemente.

“Pablo Picasso diceva che i bravi artisti rubano mentre quelli cattivi copiano, una frase provocatoria che nasconde un concetto non banale”

Pablo Picasso diceva che i bravi artisti rubano mentre quelli cattivi copiano, una frase provocatoria che nasconde un concetto non banale. Se a prima vista la differenza sembrerebbe nulla, il risultato cambia se ci si concentra sul rapporto che si genera sull'oggetto della discordia. Perché chi ruba qualcosa se ne appropria, ne diventa violentemente proprietario e, prima di tutto, capisce cosa rubare, qualcosa di valore. Chi copia no. E perché l'AEC non può farlo? Perché non può rubare le innovazioni che altri settori industriali hanno adottato e sviluppato? Perché dovrebbe reinventare la ruota da zero se qualcuno lo ha già fatto?

Questo articolo propone una metodologia per la valutazione delle innovazioni tecnologiche promosse e sviluppati in altri settori industriali e validarne l'introduzione nell'AEC; questo procedimento si fonda sulla fecondazione incrociata, un fondamento della botanica esportato nel mondo dell'industria e dell'impresa. La clementina, una variante del mandarino, è una specie ibrida nata dalla fecondazione incrociata delle piante di mandarino e arancia amara; se ciò è stato ottenuto naturalmente – impollinazione incrociata grazie alle api – oppure artificialmente – innesti nelle piante da frutto – non è importante. Importante è il risultato, un nuovo frutto più dolce, più ricco di vitamina C e privo di semi. Questo approccio metodologico, negli anni, è stato adottato da altre discipline che lo hanno declinato in base alle loro esigenze al fine di accelerare il processo evolutivo e di innovazione. Quindi, cercando di dare una definizione di cross-fertilization applicata al campo

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

della ricerca e dello sviluppo nell'industria, si può affermare che la fertilizzazione incrociata si realizza quando la combinazione di tecnologie e conoscenze interdisciplinari genera nuove opportunità tecnologiche più ampie in termini di prodotto, prestazioni e funzionalità^[2]. Pertanto, lo scopo della fertilizzazione incrociata interdisciplinare è quello di evitare di inventare qualcosa di nuovo che già esiste; colmare le lacune in un campo sintetizzando conoscenze disperse in diverse discipline verso un unico risultato^[3].

Applicare questo approccio all'AEC è possibile se, all'inizio del processo, si posizionano i giusti confini di ricerca e, al contempo, non se ne limita la variabilità. Infatti, è proprio l'avvento della quarta rivoluzione industriale a richiedere alle aziende una riorganizzazione intensiva, non solo attraverso l'aggiornamento tecnologico degli strumenti ma anche una rieducazione digital-oriented dei propri professionisti. È il cambiamento della mentalità ad accelerare e facilitare la transizione tecnologica, non l'adozione incondizionata della novità^[4]. Una volta definito il task da innovare si inizia un processo di ricerca al fine di individuare, in una seconda fase, le soluzioni più idonee. A questo punto dell'articolo si vuole accennare come questa attività abbia interessato i ragazzi che hanno partecipato a UniWeLab, i quali hanno svolto un intenso e proficuo lavoro di ricerca aziendale in piena autonomia. Tuttavia, per avvalorare la tesi qui espressa non si andranno a discutere i processi di individuazione ma i risultati emersi, molto più esemplificativi per tracciare delle linee guida di innovazione per l'AEC.

Aeronautica e aerospaziale, agroalimentare, chimica, elettronica, energetica, militare, mineraria, portuale, sicurezza e salute: sono questi i settori industriali individuati come base d'ispirazione da cui attingere per lo sviluppo di nuove tecnologie da trapiantare nel settore delle costruzioni civili. Questo processo ha prodotto una lista superiore alle cento innovazioni, ovviamente da vagliare, scremare e analizzare nel dettaglio. Per poter immaginare di riuscire ad avviare il trasferimento di una qualsiasi tecnologia da un settore a un altro è necessario attivare un processo trasformativo per agevolare l'adattamento, qualsiasi essa sia: robot, veicolo autonomo, software o nuovo materiale. Scopo di questo articolo non è indagare questo procedimento, il quale richiederebbe uno studio approfondito dipendente dalle condizioni al contorno che variano a seconda della tecnologia in esame, alla possibile applicazione e al ruolo che andrebbe a ricoprire nel complesso processo di costruzione. Invece, l'ottenimento di questa lista di ipotetiche innovazioni permette di individuare in quale

“Il fattore più importante che emerge da un processo di fertilizzazione incrociata industriale è la possibilità di trovare delle linee guida, dei tracciati su cui costruire il proprio aggiornamento tecnologico.”

dei settori precedentemente elencati avvengano le maggiori evoluzioni tecnologiche e, da questo solido punto di partenza, classificarli per affinità con l’AEC.

Tuttavia, il fattore più importante che emerge da un processo di fertilizzazione incrociata industriale è la possibilità di trovare delle linee guida, dei tracciati su cui costruire il proprio aggiornamento tecnologico. Infatti, se si guarda all’elenco precedente per innovazione e non per settore industriale, allora emergono quattro possibili aree di applicazione delle tecnologie: innovazioni accessorie, innovazioni di sistema, innovazioni sul cantiere e innovazioni sull’operatore.

Le innovazioni contemplate nelle innovazioni accessorie comprendono tutte le nuove tecnologie che non presentano un’applicazione diretta rispetto agli incarichi assegnati. Tuttavia, tali innovazioni possono fornire supporto ad altre tecnologie, avendo, per definizione, un ruolo collaborativo. L’utilizzo di queste tecnologie accessorie è considerato complementare ad altre innovazioni, mirando a raggiungere livelli superiori di autonomia, sicurezza, sostenibilità e innovazione.

Le innovazioni di sistema rientrano principalmente tra le innovazioni di processo, in cui l’obiettivo centrale è l’aumento dell’efficienza, la riduzione dei costi e dei tempi all’interno di un processo produttivo. Tra i settori che investono maggiormente in queste tecnologie emergono l’aerospaziale, il portuale e l’industria dell’informazione, ad esempio con simulatori ed ecosistemi di Internet of Things. Una innovazione di sistema si pone a monte del cantiere e ha l’arduo compito di modificare, quasi in maniera irreversibile, il normale approccio alla costruzione: dalla sensoristica per il monitoraggio alla pianificazione sistematica delle lavorazioni o alla raccolta di dati standardizzati^[5].

Le innovazioni di cantiere possiedono una caratterizzazione tale da poter agire direttamente al centro delle attività di costruzione prevedendo, anche, eventuali modifiche minori o maggiori all’ambiente di lavoro. In questo caso vediamo una forte inclusione dei robot all’interno dei settori presi come esempio: agroalimentare, militare, portuale e sanitario^[6]. Questi robot possono agire in tre modalità: controllo locale, controllo remoto e completa autonomia. Ogni livello attraverso il quale un robot agisce indica un diverso tipo di interfaccia uomo-robot e, a seconda delle lavorazioni, è necessario pianificare la tecnologia robotica più adatta per poter operare direttamente in cantiere.

Infine, con la voce innovazione sull’operatore si vanno a indicare tutte quelle tecnologie figlie di un investi-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

mento diretto al miglioramento del potenziale umano. Un operaio dell'industria edile svolge un lavoro logorante fisicamente e stressante; quindi, quest'area comprende tecnologie che salvaguardano e monitorano la salute dell'operatore. L'obiettivo principale di questo tipo di innovazione è ridurre al minimo i rischi per l'operatore, prima, durante e dopo il lavoro, proteggendo direttamente il corpo umano. Inoltre, ci sono innovazioni che utilizzano la presenza diretta dell'operatore sul posto come azione passiva in grado di verificare il corretto svolgersi delle operazioni, ad esempio le lenti intelligenti o elmetti con visore.

Un'ultima riflessione emerge da questo approccio: l'ispirazione. Un processo di fertilizzazione incrociata mette sul piatto infiniti casi studio da cui attingere sia per risultati ottenuti sia per la praticità della tecnologia. La digitalizzazione, oggi, è sia la legge attraverso cui promuovere uno sviluppo continuo sia lo strumento attraverso cui ridurre i propri impatti sul mondo. Per questi motivi, chi inizia da una posizione defilata non ha tempo per sviluppare nuove tecnologie partendo da zero ma necessita di accelerare la propria evoluzione tecnologica anche aprendosi a mondi lontani dal proprio universo disciplinare.

In conclusione, la digitalizzazione dovrebbe creare nuove opportunità e risolvere vecchi problemi, e questo può avvenire anche attraverso un processo integrativo tra discipline, conoscenze e settori separati. Perché, rubando da Picasso, i cattivi innovatori copiano e i grandi innovatori rubano.

// REFERENCES

- ^[1] Soraggi, D.; Delponte, I. (2023). Application and Evaluation of a Cross-Fertilization Methodology in the AEC Industry: New Technologies, Digitalization and Robotization. In and Its Applications. ICCSA 2023 Workshops Founding Editors; Gervasi, O., Murgante, B., Maria, A., Chiara, A.C.R., Scorza, F., Karaca, Y., Goos, G., Eds.; Springer Nature Switzerland AG: Cham, Switzerland, 2023; pp. 676–689.
- ^[2] Björkdahl, J. (2009). Technology cross-fertilization and the business model: The case of integrating ICTs in mechanical engineering products. *Research Policy*, 38(9), 1468–1477.
- ^[3] Pan, Y., Froese, F. J. (2022). An interdisciplinary review of AI and HRM: Challenges and future directions. *Human Resource Management Review*.
- ^[4] Bauer, W., Hämmerle, M., Schlund, S., Vocke, C. (2015). Transforming to a Hyper-connected Society and Economy – Towards an “Industry 4.0.” *Procedia Manufacturing*, 3 (Ahfe), 417–424.
- ^[5] Alzadjali, A., Alali, M. H., Veeranampalayam Sivakumar, A. N., Deogun, J. S., Scott, S., Schnable, J. C., Shi, Y. (2021). Maize Tassel Detection From UAV Imagery Using Deep Learning. *Frontiers in Robotics and AI*, 8 (June), 1–15.
- ^[6] Greeshma, A. S., Edayadiyil, J. B. (2022). Automated progress monitoring of construction projects using Machine learning and image processing approach. *Materials Today: Proceedings*, 65(2022), 554–563.

// UniWeTalk

// Letteratura

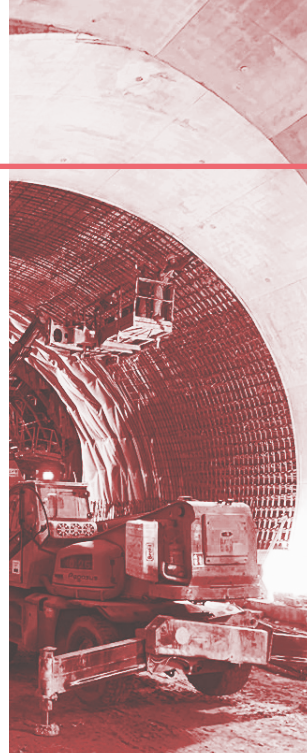
// X-Fertilization

// Tesi

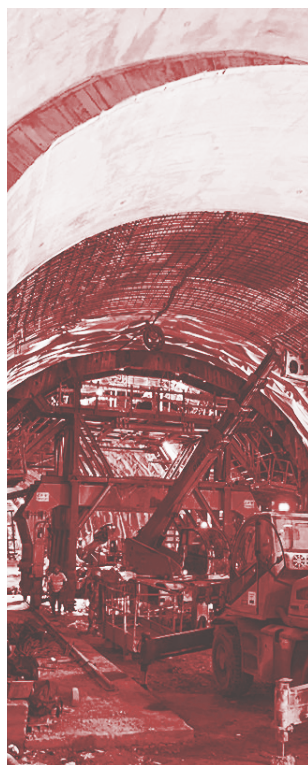
// Hackathon

//11

Storie di scavi: metodo tradizionale e metodo meccanizzato



Andrea Chiaromonte



// ABSTRACT

Negli scavi odierni, finalizzati alla costruzione di grandi opere in sottoterraneo, sono utilizzate in parallelo due metodologie tra loro molto diverse. La prima deriva da perfezionamenti delle tecniche usate in passato, le quali hanno subito nel tempo sempre più raffinamenti; per questo motivo prende il nome di scavo tradizionale. La seconda, invece, è basata sull'enorme progresso scientifico e tecnologico, il quale ne ha permesso la realizzazione; parliamo delle Tunnel Boring Machines (TBM). Entrambe facilitano la realizzazione di opere nel sottosuolo, ma ognuna di esse presenta caratteristiche uniche e necessita di determinate condizioni affinché possa essere la più efficace possibile durante la sua applicazione.

// ARTICOLO

Nel corso del tempo le tecniche di scavo si sono evolute in modo da permettere una lavorazione sempre più efficiente, veloce e sicura. A seguito delle prime esperienze e grazie alla disponibilità di mezzi tecnicamente sempre più adeguati, si verificò un continuo perfezionarsi dei metodi di costruzione insieme alla messa a punto di nuove tecniche sempre più raffinate.

“L'uomo ha sempre avuto il bisogno di realizzare opere in sotterraneo in modo da rendere i collegamenti più rapidi e migliorare così anche la qualità di vita”

Questo grande impulso evolutivo nasce dal bisogno che l'uomo ha sempre avuto di realizzare opere in sotterraneo in modo da rendere i collegamenti più rapidi e migliorare così anche la qualità di vita. La galleria risulta essere l'esempio per eccellenza di questo tipo di collegamento; essa è una perforazione del suolo o della roccia approssimativamente orizzontale, a sezione trasversale costante, la cui lunghezza è predominante rispetto alle altre due dimensioni^[1].

Storicamente, un decisivo progresso nella realizzazione di queste opere si verificò con lo sviluppo delle ferrovie, affrontando lo scavo di gallerie transalpine. La storia delle gallerie moderne inizia infatti nel XIX secolo con la diffusione delle linee ferroviarie, richieste dal fiorire delle attività industriali e, di conseguenza, di quelle commerciali. Un esempio significativo risulta essere la realizzazione della galleria di Tronquoy, in Belgio, in cui si impiegò un primo vero metodo di attacco, con divisione del lavoro nelle diverse fasi di scavo, sostegno e rivestimento^[2].

L'avanzamento nel corso del tempo delle metodologie di scavo ha fatto sì che oggi le tecniche utilizzate nella realizzazione di una galleria siano molteplici. Attualmente vengono utilizzati tre metodi principali:

- Il Drill & Blast (DB) è una metodologia che prevede l'utilizzo di sostanze esplosive (dinamite o tritolo) inserite all'interno di fori nel materiale da scavare. È ottimale con rocce dure e dalle buone proprietà meccaniche.
- Una seconda metodologia si avvale di un escavatore al quale viene collegato un martello meccanico. Esso rompe la roccia tramite colpi ripetuti.
- Lo scavo meccanizzato si esegue con l'impiego di Tunnel Boring Machines (TBM), ossia macchinari in grado di eseguire ogni tipo di operazione necessaria alla realizzazione di una galleria. Essi risultano composti da due parti principali: il sistema meccanizzato scudo-testa fresante e il backup che trasporta tutti gli impianti di servizio.

Una TBM può essere lunga fino a 100 metri, alta 20

e può ospitare fino a 20 operatori contemporaneamente nel backup. Il macchinario è composto da una testa frestante, avente le stesse dimensioni della galleria da scavare, sulla quale sono montati gli utensili di scavo. Questi vengono cambiati a seconda del materiale incontrato, determinando così anche la velocità di rotazione della testa^[1].

Quando si parla di scavo tradizionale, ci si riferisce a una tipologia di scavo molto flessibile, che si rivela efficace in presenza di ammassi rocciosi instabili e mutevoli e in caso di geometrie delle sezioni di dimensioni variabili e complesse^[3]. Le fasi lavorative e la loro successione sono consequenziali; è possibile riassumerle in quattro step successivi. L'esecuzione dello scavo utilizzando il metodo DB o tramite il martello meccanico. Segue la rimozione dei detriti generati dall'operazione di scavo e il consolidamento tramite calcestruzzo proiettato. Infine, la posa del sistema di supporto preliminare. Questa sequenza di operazioni permette un'elevata versatilità e un'ottima adattabilità al sito. Ciò è possibile grazie alla possibilità di modificare sia la tecnica di scavo in base alle caratteristiche del materiale incontrato, sia la geometria della sezione. È infatti possibile realizzare sezioni con geometrie differenti da quella circolare, potendone anche modificare la forma in corso d'opera. Inoltre, questo metodo si rivela particolarmente efficace in presenza di ammassi rocciosi con elevata variabilità lungo il tracciato.

L'interazione con il fronte di scavo rende realizzabili indagini geologiche, che sono molto importanti dal punto di vista operativo poiché permettono di scegliere il modo più idoneo e accurato per avanzare tra martello e DB. Economicamente, questa tecnica risulta vantaggiosa ogni qual volta la lunghezza di scavo sia inferiore ai 1500-2000 metri per via della sua veloce reperibilità e adattabilità al sito^[4].

Ulteriore metodo per scavare il terreno avviene tramite l'utilizzo di TBM. Queste scavano la roccia rimuovendo il materiale di scavo e mettono in sicurezza il cavo appena realizzato tramite l'applicazione di ancoraggi, reti e spritzbeton, oppure con la posa di conci prefabbricati. Questo processo avviene in modo automatizzato, supervisionato da personale specializzato presente a bordo^[3]. Il fatto che la macchina esegua tutte le operazioni di scavo garantisce un'elevata velocità ed efficienza di lavorazione. Inoltre, siccome la testa rotante è a contatto con il fronte di scavo, questa fornisce protezione da infiltrazioni d'acqua e da caduta di materiale sia agli operai sia alle attrezzature retrostanti. Infine, le poche vibrazioni prodotte permettono il suo utilizzo anche in contesti urbani^[5]. Le TBM garantiscono un avanzamento medio di circa 30-40 metri al giorno. Quando la

“Negli ultimi anni, lo scavo meccanizzato con TBM è sempre più diffuso nel caso di gallerie lunghe e profonde poiché contribuisce in modo significativo a ridurre costi e tempi di costruzione.”

testa comincia a perforare, il materiale viene evacuato all'esterno attraverso un nastro che corre lungo il corpo macchina, mentre contestualmente viene effettuato il rivestimento con i conci prefabbricati^[3]. Durante la fase di scavo è essenziale che lo spazio presente tra il fronte scavo e la testa fresante sia pressurizzato; questo serve per stabilizzare il fronte scavo stesso^[6]. Al termine dello scavo la macchina viene smontata e successivamente riutilizzata in un altro cantiere oppure restituita al produttore.

Negli ultimi anni, lo scavo meccanizzato con TBM è sempre più diffuso nel caso di gallerie lunghe e profonde poiché contribuisce in modo significativo a ridurre costi e tempi di costruzione^[7]. Attualmente le criticità maggiori correlate a questo macchinario sono dovute sia ai guasti sia ai fermi necessari, per esempio, alla sostituzione degli elementi taglienti posti nella testa della macchina. Quest'ultimo caso risulta essere particolarmente delicato poiché è un'operazione complessa per l'operatore in quanto deve andare a eseguirla in un ambiente iperbarico. La respirazione avviene tramite maschera e tubi e il rischio va dallo sviluppare barotraumi fino a embolie gassose.

Altra questione chiave è quella di abbinare i parametri meccanici dei terreni con quelli operativi delle macchine: qualora non si riesca in questa calibrazione, risulta compromesso l'intero processo di scavo. La limitata conoscenza delle caratteristiche dell'ammasso roccioso, inoltre, determina un avanzamento dello scavo alla cieca, che, specialmente per lo scavo con TBM, può provocare situazioni di rischio per gli operatori e per lo stesso impianto di perforazione^[8].

Il tunnelling è un settore dell'ingegneria civile in forte crescita poiché è sempre maggiore la necessità di dover realizzare infrastrutture in sotterraneo. Questa esigenza è volta a ridurre la mobilità in superficie e i tempi di percorrenza. La scelta del metodo di scavo è influenzata da vari fattori. La lunghezza del tratto da scavare è il primo tra questi, in quanto una ridotta lunghezza della galleria non necessita di macchinari grandi e complessi i quali, anzi, potrebbero ostacolare il cantiere. Anche le caratteristiche fisico-meccaniche del terreno e il suo contesto idro-geologico hanno un ruolo fondamentale in questa scelta. Un terreno molto compatto o molto saturo d'acqua richiede strumenti e accorgimenti specifici in modo da permettere un adeguato avanzamento giornaliero del fronte scavo. Le possibilità economiche e le tempistiche di costruzione sono, inoltre, due grandi vincoli da affrontare. Serve un buon bilanciamento tra le spese che si vogliono sostenere e le tempistiche da rispettare. Infine, anche i vincoli ambientali e le dispo-

nibilità di area cantierabile risultano essere forti limitazioni, in quanto potrebbero costringere all'utilizzo di determinati mezzi e tecniche, non le più efficaci.

Si evince che in ambienti in cui la variabilità di roccia sia elevata, le dimensioni dello scavo modeste e sia essenziale la rapidità di reperibilità e versatilità dei macchinari, lo scavo tradizionale risulti essere la scelta più opportuna per affrontare l'opera. Se, invece, le condizioni prevedono la realizzazione di un grande scavo per cui è essenziale mantenere un'elevata velocità di avanzamento giornaliero del fronte scavo e ridurre al minimo le vibrazioni garantendo comunque un'elevata sicurezza per i lavoratori, allora la scelta delle TBM risulta essere la più adeguata. Non è raro, perciò, che per realizzare un'unica grande opera vengano sfruttate entrambe le tecniche. Questo avviene per poter rendere il cantiere più efficiente, economico e sicuro.



// REFERENCES

- ^[1] Galleria (ingegneria). www.wikipedia.it
- ^[2] Magliocchetti, A. (2023). Opere in sotterraneo. Aspetti progettuali e applicativi evoluzione e prospettive. www.cni.it
- ^[3] BBT. (2020). Metodi di scavo. www.bbt-se.com
- ^[4] Di Prisco, C. e Flessati, L. (2015). Studio numerico-sperimentale della risposta di fronti di scavo in materiale coesivo. Convention Expotunnel 2015.
- ^[5] Chiarelli, M. (2020). Metodo di scavo convenzionale: il drill & blast nella costruzione di tunnel. www.ingegno-web.it
- ^[6] Bezuijen, A. e Talmon, A.M. (2009). Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground: Processes around a TBM. In Geotechnical Aspects of Underground Construction in Soft Ground. Ng, C.W.W., Huang, H.W. e Liu, G.B.
- ^[7] Michele, J., Zhao, K. e Barla, G. (2011). Un nuovo modello tridimensionale per la simulazione dello scavo meccanizzato di gallerie profonde in condizioni difficili.
- ^[8] Petronio, L., et al. (1999). Utilizzo del rumore generato da una tbm (tunnel boring machine) come sorgente di prospezione sismica “while drilling”: risultati preliminari.

//12

Appunti dal Campo Base: eterotopie urbane oltre la città



Daniele Soraggi
Mario Prato



// ABSTRACT

Quando si parla di cantieri si fa sempre più riferimento a una città nella città: forse è opportuno chiedersi se non ci sia qualcosa che prosegua oltre. Escludendo dall'equazione l'immaginario comune di cantiere edile, il processo che conduce alla realizzazione di una grande opera si estende ben oltre l'area dedicata alla costruzione e, anzi, assume un ruolo trasformativo del territorio tale da mutarne sensibilmente l'aspetto e le dinamiche ordinarie. Questo breve contributo vuole proporre una riflessione sul ruolo intrinseco che i cantieri ricoprono all'interno delle città; per poterlo fare si inizia con veloce excursus storico sul legame tra città e cantiere. Se il cantiere è una città nella città, allora quali sono le reali dimensioni di un grande cantiere?

// ARTICOLO

La realizzazione di una Grande Opera infrastrutturale presuppone, per ovvietà di realizzazione, un grande cantiere, e un grande cantiere va oltre le dimensioni finali dell'opera che realizza. Avere la piena consapevolezza di quelle che sono queste grandezze in gioco – superficiali, costruzioni, flussi e persone – ci fa chiedere se esso sia una eterotopia: un luogo reale al di fuori di tutti gli altri luoghi^[1]. Vogliamo definire il cantiere di una Grande Opera come un contro-spazio, ovvero un luogo reale in cui si vanno a posizionare funzioni, attività e persone usualmente incompatibili e che scomparirà nel tempo.

Infatti, il cantiere possiede alcune caratteristiche comuni alla normale definizione di eterotopia e eterocronia^[1]. È un luogo di lavoro temporaneo di dimensioni considerevoli definito come un'opera transitoria la cui durata è in funzione della realizzazione dell'opera. Inoltre, il d.lgs. 81/08 integra una definizione di cantiere legata al luogo in cui si effettuano i lavori edili e di ingegneria civile: una unità produttiva temporanea e mobile dedicata alla costruzione o demolizione^[2]. Tuttavia, vengono esclusi due elementi fondamentali nella determinazione di un cantiere: la continua riprogettazione e i lunghi tempi a cui una Grande Opera è fisiologicamente soggetta e, soprattutto, le persone.

Una Grande Opera si differenzia dalle altre per l'aggettivo che la contraddistingue; è la sua funzione sociale a definirne la grandezza. Quindi, più un'opera avrà un ruolo funzionale per il contesto sociale in cui si andrà a inserire, e più sarà considerabile come Grande Opera^[3]; in quest'ottica le infrastrutture di trasporto, di cui si farà voce in questo articolo, ne sono la rappresentativa maggiore. La capacità di un'infrastruttura di innescare meccanismi economici e sociali virtuosi è il metro di paragone attraverso cui descrivere l'utilità dell'investimento per il Paese e attraverso cui indicarne la rilevanza e il successo. Valori che emergono più facilmente se si considera l'apporto fondamentale che il lavoro di diverse figure professionali compie in uno stesso luogo e, dati i tempi dilatati della costruzione di una Grande Opera, contemporaneamente; il cantiere di un'infrastruttura deve prepararsi a ospitare architetti, ingegneri, impiantisti, direttori dei lavori, operai, tecnici, personale medico, funzionari della sicurezza e ispettori.

Iggi il cantiere di una grande infrastruttura, benché si possa immaginare aderente in forma a quella che sarà l'opera conclusa, in realtà si estende ben oltre e si divide per tempi, spazi, luoghi e attività, ognuna con i propri bisogni, richieste ed esigenze. Questi generano dei flussi di mezzi, persone, processi che hanno bisogno di

“La capacità di un'infrastruttura di innescare meccanismi economici e sociali virtuosi è il metro di paragone attraverso cui descrivere l'utilità dell'investimento per il Paese e attraverso cui indicarne la rilevanza e il successo”

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

spostarsi all'interno di realtà spaziali a loro aliene e che non devono contaminare, nonostante ciò, il risultato del loro lavoro presuppone la contaminazione quasi irreversibile degli stessi luoghi. Inoltre, a opera conclusa il cantiere svanisce e con esso spariscono tutti quei luoghi e quegli spazi fatti di persone, flussi e attività che prima esistevano.

Le piramidi egizie sono tra le prime occasioni in cui è sperimentata la vita di cantiere, un ambiente che non si limita alla sola costruzione ma si estende: i blocchi di pietra venivano prelevati da una cava nei pressi del sito di costruzione e trasportati manualmente con l'utilizzo di legno e gli operai erano alloggiati in villaggi ubicati nei pressi del cantiere, dove si provvedeva anche a preparare utensili e materiali. Qualche millennio più tardi la rivoluzione edilizia romana fatta di mattoni e conglomerati cementizi ha, a sua volta, modificato l'approccio al cantiere accelerando e semplificando le operazioni di trasporto e accessibilità alle materie prime. Un ulteriore salto evolutivo è stato fatto in epoca medievale, quando ogni maestranza rispondeva a competenze distinte: amministrative, tecniche e decorative. Ripercorrendo a ritroso l'analisi storica appena accennata si può sintetizzare concettualmente il cantiere come figlio della necessità dell'uomo di crearsi un riparo, accumulando e lavorando i materiali prelevati dalla natura per costruire un rifugio.

Unendo tutti i tasselli finora espressi con un filo rosso emerge quello che è il cantiere di una grande opera oggi: tempi lunghi, tanti attori e attività che vanno oltre la sola costruzione nei cantieri operativi posti lungo il tracciato. Dai campi base, grandi aree che forniscono vitto e alloggio agli operai e ai tecnici, i quali avranno anche un luogo per lavorare e che diventano piccole cittadelle, ai cantieri di nuova viabilità, interventi accessori all'infrastruttura ma dalla doppia utilità: supporto ai cantieri operativi e oneri di compensazione attraverso cui si sostiene la costruzione di una infrastruttura all'interno dei territori da essa attraversati.

Un fattore che ritorna in ogni fase storica dell'evoluzione del cantiere è la necessità di reperimento del materiale, che esso sia il prodotto adatto alla costruzione o che sia una materia prima da trasformare direttamente in sito. È da qui che nasce il possibile paradosso che connette il cantiere di una strada – o più generalmente un'infrastruttura – al compito svolto dalla logistica. Logistica che può essere definita come arte di ordinare: una disciplina il cui scopo è dare ordine alle cose^[4] e, attraverso l'ordine, determinare un criterio funzionale di approvvigionamento. Foucault diceva che la prima funzione di una strada è quella di produrre la produzione,

ovvero di fornire la possibilità, attraverso il collegamento di due punti, di attivare un processo di spostamento utile allo svolgimento di ogni attività umana⁵⁾; questo ragionamento è estendibile alle infrastrutture di cui questo articolo e questo libro trattano. Seconda funzione, direttamente conseguente la prima, è la produzione della domanda in un processo ciclico volto alla normalizzazione del rapporto tra la produzione di produzione e la produzione di domanda. È qui, in seguito a questi due assunti – arte di ordinare e produrre la produzione – che nasce il paradosso del cantiere di un'infrastruttura o, meglio, ha inizio un infinito e futile gioco di parole e concetti.

“Costruire un'infrastruttura è fare la logistica della logistica, è mettere ordine prima di potere agire con ordine e, per farlo, serve spazio.”

Infatti, possiamo identificare in una infrastruttura il mezzo attraverso cui opera la logistica, inoltre, come visto in precedenza, il cantiere è, anch'esso, arte di ordinare poiché è il luogo attraverso cui con criterio e sequenzialità si costruisce allineando tutte le attività e tutte le persone al fine di raggiungere un comune obiettivo. E un'infrastruttura necessita di essere costruita per poter svolgere i suoi compiti, quindi il cantiere di un'infrastruttura è arte di ordinare il mezzo utile all'arte di ordinare. Costruire un'infrastruttura è fare la logistica della logistica, è mettere ordine prima di potere agire con ordine e, per farlo, serve spazio.

I non luoghi descritti da Augé⁶⁾ a riconducibili al concetto di erotopia e di contro-spazio di Foucault¹⁾ sono «installazioni necessarie per la circolazione accelerata delle persone e dei beni» quanto tutti quegli spazi che non possono «definirsi identitari, relazionali e storici». Quindi i cantieri delle Grandi Opere possono essere pensati come una città nelle città in quanto permettono e devono garantire il regolare svolgimento delle quattro funzioni umane descritte all'interno della Carta di Atene: abitare, lavorare, divertirsi e spostarsi⁷⁾. E sono i campi base gli spazi dedicati allo svolgimento delle quattro azioni: grandi porzioni di città confinate solitamente in aree marginali in cui vengono costruiti in serie gli edifici per uffici, abitazioni, mense, ipotetici servizi di vicinato – lavanderie, club e pub, piccole strutture sportive – e parcheggi. È così che i centri reali attorno a cui si struttura il cantiere moderno sono i campi base, cittadelle del lavoro in cui si svolgono tutte le attività ordinarie di chi costruirà l'infrastruttura. I campi basi diventano le città della logistica, i non luoghi dedicati alla produzione dell'infrastruttura. Lembi di città separati e trasformati per ospitare la vita di centinaia di persone con un compito comune: costruire una Grande Opera. Il guardianaggio determina l'accessibilità per cui l'ingresso è limitato e controllato; i campi base sono spazi emarginati dalla città in cui la sola appartenenza al can-

“I cantieri sono città oltre e la città e non solo città nella città; perché benché posseggano tutte le caratteristiche per garantire una vita sociale tipica essi sono determinati nella temporalità della costruzione.”

tiere ne consente l'ingresso. Paradossale è il meccanismo attraverso cui questi non luoghi si connettono alla città: attraverso le azioni delle persone che li abitano. Esse abbandonano temporaneamente l'eterotopia per andare a svolgere un lavoro per la modifica del mondo reale – costruire l'infrastruttura – seguendo un progetto deciso all'interno dell'eterotopia stessa. Sono tutti questi aspetti a decretare la perdita del possibile riferimento all'utopia di questi luoghi che diventano eterotopie, ipotetici archivi di una cultura^[1]: la cultura del costruire.

Questo articolo si conclude con l'intenzione di aprire una riflessione sul ruolo che hanno i cantieri e le persone che li rendono operativi perché, come rilevato già dall'exkursus storico, in parallelo alla costruzione di una grande opera è sempre esistito un luogo dedito all'agevolazione del lavoro. Da un punto di vista pragmatico, è l'opera ad assumere il ruolo più rilevante poiché è sia il fine ultimo sia il motore attraverso cui avviare il processo costruttivo. E, allora, attraverso la progettazione e la costruzione dell'opera le persone che abitano i campi base trovano spazio per esistere nei margini e nei lembi di città prima inospitali e lavoro per abbandonare il campo base e trasferirsi in un altro e costruire una nuova opera. Per questo motivo i cantieri sono città oltre la città e non solo città nella città; perché benché posseggano tutte le caratteristiche per garantire una vita sociale tipica essi sono determinati nella temporalità della costruzione.

Se la grandezza di un'opera si determina dal valore sociale atteso per la società, è un paradosso che chi la costruirà viva in una non-società all'interno di un non luogo che svanirà una volta assolto il suo compito. Per questo il cantiere si pone oltre la città, nasce per costruire un luogo senza farne parte, un mondo parallelo in grado di modificare gli spazi reali.

// REFERENCES

- [¹] Foucault, M. (2020). *Utopie Eterotopie*. A cura di Moscati A. Cronopio, Napoli.
- [²] Decreto legislativo del 9 aprile 2008, n. 81. (2008). *Testo Unico sulla Salute e Sicurezza sul Lavoro*.
- [³] Addressi, A. (2020). *Le grandi Opere*.
- [⁴] Alemanni, C. (2024). *La signora delle merci*. Luiss University Press, Milano.
- [⁵] Foucault, M. (2011). *Spazi altri, i luoghi delle eterotopie*. A cura di Vaccaro S. Mimesis, Milano.
- [⁶] Augé, M. (2023). *Nonluoghi*. Elèuthera, Milano.
- [⁷] Di Biagi, P. (a cura di) (1998). *La Carta d'Atene. Manifesto e frammento dell'urbanistica moderna*, Roma, Officina.



//13

Il paradigma genovese: sinergie tra i grandi cantieri urbani



Gabriele Ivano D'Amato



// ABSTRACT

Il contributo affronta il rapporto tra i cantieri delle grandi opere e i contesti urbani, utilizzando Genova come paradigma rappresentativo delle dinamiche italiane. Inizialmente si fornisce una panoramica sullo sviluppo infrastrutturale genovese, contestualizzando così la pianificazione dei progetti che coinvolgono la città nella creazione della rete infrastrutturale europea. Successivamente, analizzando le strategie adottate nei cantieri del Terzo Valico dei Giovi e della nuova diga foranea di Genova, si evidenzia l'importanza di un modello sinergico per la realizzazione delle grandi opere. Nello specifico, si dimostrano i benefici ambientali che avrebbe generato una collaborazione costruttiva tra queste due infrastrutture.

// ARTICOLO

L'importanza di studiare le dinamiche su cui si fondano la progettazione, la costruzione e la gestione delle opere infrastrutturali, si rende evidente analizzando l'impatto che esse assumono trasversalmente sulla vita dei singoli, delle comunità e dell'ambiente. Le infrastrutture, infatti, rappresentano una condizione necessaria per lo sviluppo e la crescita di qualsiasi Paese, modificano l'aspetto fisico delle realtà urbane e dei paesaggi in cui si collocano, creano barriere e collegamenti, influenzano il traffico e la mobilità e svolgono un ruolo determinante per la conversione energetica e la mitigazione dei cambiamenti climatici^[1]. Di conseguenza, le nuove opere dovranno considerare la complessità del contesto in cui si inseriscono senza limitarsi ad assolvere esclusivamente a esigenze tecnico-funzionali; il raggiungimento di tale obiettivo non può prescindere da un'analisi storica dello sviluppo infrastrutturale.

L'analisi delle tappe salienti del lungo percorso che ha portato all'attuale configurazione delle infrastrutture genovesi offre non soltanto un'importante prospettiva storica sugli eventi passati, ma costituisce altresì una preziosa risorsa per la pianificazione dei futuri progetti che coinvolgeranno Genova nella creazione della rete infrastrutturale europea e permette di evidenziare l'importanza di perseguire un modello sinergico per la progettazione delle grandi opere pubbliche.

Il caso genovese, già caratterizzato da un elevato livello di complessità dovuto alle condizioni geomorfologiche, fornisce uno scenario privilegiato da cui valutare le conseguenze delle scelte operate alla scala sovralocale. La città, infatti, vista la presenza del porto e data la sua posizione geografica centrale negli assi di attraversamento nord-sud ed est-ovest, nel tempo ha prestato il proprio territorio a una molteplicità di grandi progetti frutto di interessi prima regionali, poi nazionali e oggi europei^[2]. Poiché storicamente lo sviluppo della città e del porto sono profondamente interconnessi, è possibile ripercorrere tutte le vicende della storia urbanistica, economica e sociale di Genova in funzione degli stessi processi di modificazione portuale, sebbene le opere di cui è stata oggetto la città siano diverse e tra loro dipendenti.

Com'è noto nel XIX secolo gli stati preunitari lasciarono in eredità un territorio pressoché sfornito di opere infrastrutturali classificabili secondo i principi contemporanei, tanto che nel 1840 l'ampiezza del porto di Genova risultava grosso modo invariata rispetto a quella medievale; fu soltanto verso gli anni Ottanta dell'Ottocento che, grazie a ingenti investimenti pubblici e privati, sia la città che il porto invertirono il trend di

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

decrecita nel quale erano sprofondati^[3]. Negli stessi decenni vennero realizzate numerose opere ferroviarie per espandere il raggio di proiezione dei traffici commerciali: a differenza delle altre principali realtà italiane, la maggiore stazione cittadina di piazza Principe si collocò al di fuori del tessuto urbano storico, che preservava la sua impenetrabilità. Questa espansione creò una cesura tra i comuni che poi formarono la Grande Genova nel 1926 e il loro affaccio al mare. Cornigliano fu ulteriormente penalizzato dalla successiva costruzione dell'aeroporto negli anni Cinquanta del secolo scorso^[4].

Sull'onda dell'esperienza maturata circa l'importanza degli investimenti, nella prima metà del Novecento continuarono a essere promossi interventi di ammodernamento e ampliamento del porto^[1] oltre i suoi storici confini naturali e, spingendosi progressivamente oltre Sampierdarena, di collegamento verso le altre realtà produttive di Milano e Torino. Questa volta si puntò sul trasporto via gomma che fu preferito a quello via ferro tanto che nel 1932 fu realizzata l'autocamionale Genova-Serravalle^[5].

La vicenda portuale offre poi l'opportunità per richiamare, attraverso la Sopraelevata, il rapporto tra le opere urbane e i processi di crescita e vivibilità della città^[6]. La Sopraelevata è un'arteria a scorrimento veloce concepita negli anni Cinquanta per risolvere la cronica difficoltà di attraversamento longitudinale della città grazie a un tracciato che si inserisce in un ambiente fortemente urbanizzato sviluppandosi a un livello superiore rispetto a quello della sede stradale ordinaria^[7]. Ad oggi, tuttavia, se ne prospetta l'abbattimento in quanto percepita come barriera tra la città e il mare; è opportuno sottolineare che essa con il proprio percorso andava sottolineando proprio quella cesura, poi progressivamente eliminata dal processo di riqualificazione avviato con le Colombiadi del '92, che si era spontaneamente creata tra la città e il porto.

L'alternativa scelta per il suo superamento, alla luce dell'immutata carenza di spazi, persegue una strategia sempre più diffusa che prevede di attingere allo spazio sotterraneo^[8], realizzando un tunnel subportuale. Attualmente in via di progettazione, l'opera si estenderà da San Benigno per concludersi presso via Brigate Partigiane, passando quindi al di sotto di un'area sommersa e, a Carignano, di una densamente edificata^[9].

Lo sfruttamento dello spazio sotterraneo, tuttavia, nonostante spesso sembri una soluzione obbligata nei contesti urbani ormai fortemente consolidati, comporta una serie di difficoltà che complicano significativamente i lavori: le interferenze con le normali attività cittadi-

“Proprio il ciclo del materiale da scavo accomuna la quasi totalità delle grandi opere attualmente in via di progettazione o di esecuzione in Italia; nel caso genovese: la nuova gronda autostradale, il Terzo Valico dei Giovi (TV) e la nuova diga foranea (DF)”

ne, il bisogno frequente di ricollocare i sottoservizi, la propagazione delle vibrazioni, l'insorgenza di cedimenti che devono essere contenuti entro limiti tali da impedire la comparsa di danni alle preesistenze, le difficoltà nell'individuare aree cantierabili, le istanze della cittadinanza e la gestione degli inerti^[10].

Proprio il ciclo del materiale da scavo accomuna la quasi totalità delle grandi opere attualmente in via di progettazione o di esecuzione in Italia; nel caso genovese: la nuova gronda autostradale, il Terzo Valico dei Giovi (TV) e la nuova diga foranea (DF).

L'entità della questione viene ora mostrata analizzando, a titolo esemplificativo, le strategie adottate per la realizzazione dei cantieri delle ultime due opere ora citate.

Il TV si inserisce nel solco degli storici adeguamenti infrastrutturali necessari al porto per mantenere la propria competitività, che è legata alla capacità di proiettarsi verso un bacino commerciale progressivamente più ampio, oggi coincidente con gli stati europei^[11]. Infatti, l'opera è stata inserita nella politica comunitaria TEN-T, che ha lo scopo generale di stabilire un'unica rete transeuropea multimodale, capace di favorire l'interconnessione delle reti nazionali.

Più nel dettaglio, il TV abatterà i tempi di percorrenza per i passeggeri fino a un'ora nei collegamenti tra i vertici del triangolo industriale e interesserà un traffico merci dal valore di 4 milioni di TEU (Twenty-foot Equivalent Unit), favorendo la migrazione dal trasporto via gomma e via mare a quello via ferro, con grandissimi benefici sia economici che ambientali^[12].

La lunghezza complessiva degli scavi raggiungerà 88 km per un totale complessivo di 16 milioni di m³ di roccia e terreno scavati. Di questi circa 4 milioni verranno riutilizzati nel progetto stesso. Per i rimanenti 12 milioni è stato previsto il conferimento dello smarino presso ex cave di prestito, che potranno così essere riqualificate restituendo ai territori la loro immagine originale. All'interno del comune di Genova è stata individuata la cava Vecchie Fornaci presso Sestri Ponente, in grado di ospitare 1,6 milioni di m³ di smarino^[13].

Il conferimento a scopi di riqualificazione ambientale, tuttavia, si rende possibile soltanto nel caso in cui il terreno sia classificabile come sottoprodotto, cioè qualora rispetti i criteri ambientali minimi definiti da normativa. Il risultato non è per nulla banale per lo smarino ottenuto mediante lo scavo in meccanizzato con le Tunnel Boring Machine tipo Earth Pressure Balance (TBM) scelte, poiché ricorrono al condizionamento del terreno

mediante tensioattivi così da agevolare l'avanzamento dello scavo al fronte^[14]. L'utilizzo di questi agenti impone di considerare lo smarino come rifiuto, con costi ambientali ed economici insostenibili, se non trattato adeguatamente.

Per tali ragioni il COCIV, Consorzio Collegamenti Integrati Veloci, ha previsto di conferire temporaneamente i 2,5 milioni di m³ ottenuti dallo scavo in meccanizzato presso il deposito intermedio di Cascina Romanellotta (AL), dove agli inerti viene dato modo di maturare naturalmente^[15]: tale deposito ha una superficie di 140mila m² (pari a 21 campi da calcio). Alla luce degli enormi volumi di smarino prodotti dalle attività di scavo, inoltre, riveste un ruolo di primo piano la componente ambientale.

La nuova DF è anch'essa compresa nel solco della TEN-T e, dunque, fondamentale per completare il corridoio Reno-Alpi e garantire lo sviluppo dell'intero asse produttivo nord-sud d'Europa. L'adeguamento della DF crea, infatti, una sinergia trasportistica con il TV, in quanto garantirà la ricezione di un volume crescente di traffici, grazie all'aumento degli spazi di manovra e del pescaggio offerto alle navi. In questo caso la strategia adottata per l'esecuzione delle opere ha previsto di massimizzare gli interventi eseguiti via mare, così da limitare i disagi causati alle attività portuali, alle quali è sempre assicurata l'operabilità.

Per tutte le lavorazioni necessarie alla realizzazione della DF è stato calcolato e previsto l'impiego di oltre 10 milioni di m³ di inerti di ogni tipo. Questi verranno utilizzati sia per l'imbasamento sia per la realizzazione e il riempimento dei cassoni che costituiranno l'opera. Circa il 60% di tutto il materiale arriverà da nuove forniture mentre il restante sarà recuperato da materiale ottenuto nell'ambito del cantiere stesso. Più nel dettaglio, sulla base dei dati di sintesi relativi alla gestione degli inerti nella prima fase dei lavori e validi al netto di variazione nel progetto esecutivo^[17], si evidenzia che è stato adottato un approccio virtuoso di economia circolare volto a massimizzare il riuso del materiale ottenuto per mezzo della demolizione della DF esistente e il dragaggio del fondale, con indiscutibili vantaggi sia economici che ambientali; inoltre, il volume di inerti che sarà necessario reperire, quasi 6 milioni di m³, corrisponde a quattro volte la capacità dell'ex cava Vecchie Fornaci di Sestri Ponente.

Lo studio di impatto ambientale, per reperire questi volumi di materiali, aveva individuato una serie di cave di prestito distanti rispetto al porto di Genova^[17], caratteristica di primo piano visto l'impatto causato dal

trasporto; tra queste opzioni si è poi deciso di fare affidamento su una cava situata nel carrarese.

L'urgenza di individuare una sinergia che non sia soltanto progettuale ma anche ambientale, può essere dimostrata calcolando l'entità dei benefici in termini di emissioni di CO², che si sarebbero ottenuti riutilizzando gli inerti prodotti dal TV per il completamento delle opere della DF.

A titolo esemplificativo si fa ora riferimento a un volume pari a 2,5 milioni di m³ di smarino che, corrispondendo a quello ottenuto attraverso lo scavo in meccanizzato, è conferito temporaneamente presso il deposito intermedio di Cascina Romanellotta, offrendo la possibilità di assumere una distanza fissa fedelmente rispondente alla situazione reale. Pertanto, confrontando il numero di viaggi necessari per il trasporto di inerti via gomma verso Genova e quelli relativi al tragitto intermodale – via gomma e via mare – dal carrarese si evidenzia un eccesso di CO² prodotta da quest'ultimo paragonabile alle emissioni generate in un anno da 5271 cittadini^[18].

Questa anidride carbonica 'aggiuntiva', potrà comunque essere assorbita grazie all'entrata in servizio del TV in meno di un anno, se si considera la migrazione verso la ferrovia della sola quota di trasporto affidata al trasporto via gomma e trascurando la componente legata al mercato navale^[12]. Alla luce di queste informazioni si potrebbe quindi presumere che il decisore possa aver voluto privilegiare una soluzione ambientalmente più punitiva nell'immediato, con la consapevolezza di garantire grandissimi benefici anticipando l'apertura dell'opera.

Una soluzione più sostenibile, invece, è stata individuata per la seconda fase dei lavori della DF grazie al reimpiego degli inerti ottenuti dallo scavo del tunnel subportuale. In questo caso la sinergia tra grandi opere sarà facilitata da scelte progettuali come la TBM di tipo hydroshield che condiziona il terreno con boiaccia rendendolo immediatamente reimpiegabile. Per il TV, infatti, si sono presentate problematiche tecniche, amministrative e infrastrutturali legate a tempistiche non perfettamente combacianti, difficoltà nel mettere in comunicazione l'Autorità del Sistema portuale con Italferr, finanziatore del TV, carenza di spazi per accantonare gli inerti e incapacità del sistema infrastrutturale genovese ad accogliere gli inerti trasportati via camion siccome per i soli 2,5 milioni di m³ sarebbero stati necessari quasi 30mila.

In conclusione è possibile affermare che la pianificazione infrastrutturale dovrà valutare e, se possibile, su-

perare le specifiche contingenze che potranno ostacolare la creazione di un modello sinergico per la realizzazione delle grandi opere. Tale urgenza è stata dimostrata attraverso l'analisi di infrastrutture poste in essere (il TV e la DF), in quanto le questioni avanzate si ripropongono similmente per la nuova stagione di opere pubbliche (dal tunnel subportuale alla gronda autostradale). Questo ciclo di progetti infrastrutturali richiama quello vissuto da Genova a partire dalla metà dell'Ottocento ed è proprio per questa continuità di sfide e soluzioni che la città può essere assunta come paradigma.

// REFERENCES

- [1] Siddiqui, S. (2019). Taking Urban Development Underground (pp. 7, 110). WSP Global Inc.
- [2] Alberini, C. (2004). Infrastrutture e trasformazioni urbane a Genova. De Ferrari & Devega.
- [3] Barbieri, P. (1938). FORMA GENVAE. Municipio di Genova.
- [4] Guglielmo, C. O. (1960). Vecchia Genova. Levante.
- [5] Cabona, D., Gallino M. (1995). Il porto visto dai fotografi: Genova 1886-1969 (p. 25). Silvana Editoriale.
- [6] Orsini, V. et al. (1968). Sopraelevata. Una strada d'acciaio. Fondazione Ansaldo.
- [7] Delponte, I. (2013). La Sopraelevata di Genova e le dimensioni di un'opera; Trasporti e Cultura n° 35.
- [8] Rampello, S. (2017). Scavi profondi nelle grandi città: una convivenza possibile. Università di Roma La Sapienza.
- [9] Lotito G., Mariotti A. R. (2021). Progetto di Fattibilità Tecnico ed Economica. Tunnel subportuale urbano di attraversamento della città Genova. Autostrade per l'Italia.
- [10] Dou, S. et al. (2023); Fuzzy-based multi-criteria humanistic assessment system for city tunnel. Tongji University.
- [11] Merella, A. M. (2008). Infrastrutture e logistica. L'area milanese e lo sviluppo del porto di Genova. Uni Service.
- [12] Mauceri, C. La linea del Terzo Valico. Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Linea del terzo valico | Commissario Terzo Valico. mit.gov.it
- [13] Terzo valico dei Giovi – HowWebuild: Un cantiere sostenibile, episodio 3.
- [14] Foresta, M. (2021). Analisi materiali condizionati (p. 30). La tecnica professionale.
- [15] COCIV (2023). Trattamento di stabilizzazione a calce.
- [16] COCIV (2022). EMAS: Dichiarazione Ambientale. https://www.terzovalico.it/static/upload/3--/3--dichiarazione-ambientale-2022_signed1.pdf
- [17] Autorità di sistema portuale del mar ligure occidentale (2021). Studio di Impatto Ambientale.
- [18] D'Amato, G. I. (2023). I grandi cantieri urbani per superare il gap infrastrutturale: Genova come paradigma. Università degli Studi di Genova.



Emissioni di Anidride carbonica da trasporto terre e rocce da scavo

31.780 t CO₂

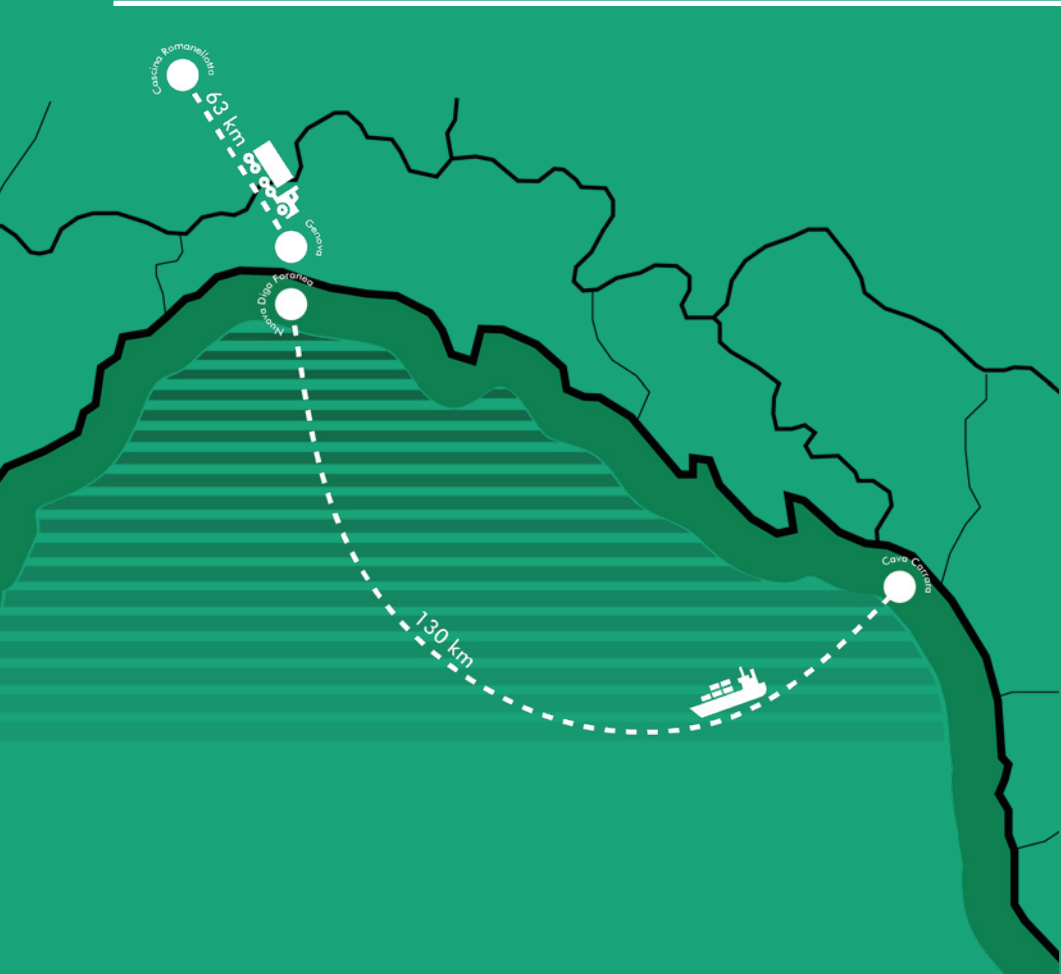
2.360 t CO₂



27.800 viaggi

544 viaggi





// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

//14

Le sfide per digitalizzare le costruzioni secondo Webuild



Serena Scelza
Caterina Torterolo



// ABSTRACT

L'articolo esamina le lavorazioni emerse dal dialogo tra UniWeLab e Webuild su cui è stata posta l'attenzione per ampliare gli interessi di ricerca e sviluppo. Emergono sei lavorazioni: la manutenzione della testa delle frese meccaniche, la movimentazione delle predalles, la realizzazione dei bypass in galleria, il posizionamento dei conchi prefabbricati per la calotta delle gallerie, la manutenzione e la pulizia sul nastro trasportatore dello smarino e il management dello stato avanzamento lavori. Nel dettaglio di ciascuna lavorazione si sottolineano i vantaggi della digitalizzazione e gli ostacoli.

// ARTICOLO

La digitalizzazione nel settore dell'industria delle costruzioni è il tema su cui è stata posta l'attenzione del secondo anno di UniWeLab. Nelle azioni di collaborazione tra l'azienda e l'Università di Genova sono emerse sei lavorazioni comuni per la realizzazione di grandi opere di scavo e che necessitano di automazione e digitalizzazione: la manutenzione della testa fresante delle Tunnel Boring Machine (TBM), il controllo sul nastro trasportatore dello smarino, la movimentazione dei conci prefabbricati, il posizionamento delle predalles, la realizzazione dei bypass di collegamento tra gallerie e il tracking dello stato avanzamento lavori (SAL). Le prime lavorazioni sono relative al funzionamento della TBM, seguite da quelle standardizzate e ripetute nel tempo, che riguardano il rivestimento interno delle gallerie e il collegamento interno per concludere con la gestione dello SAL. Ciascuna di queste lavorazioni, per quanto differenti tra loro, presenta rischi notevoli che possono essere ridotti mediante la digitalizzazione.

La TBM è una macchina fresante specializzata nello scavo di gallerie, nel quale opera con notevole efficienza, ma porta con sé oneri notevoli in termini economici e di manutenzione. Pertanto, immaginare di automatizzare e digitalizzare diversi processi comporterebbe vantaggi in termini di sicurezza, efficienza e qualità. La TBM è composta da un disco rotante dotato di utensili di taglio e di un sistema di propulsione con martinetti idraulici, che applicano pressioni molto elevate e comportano rotture nel terreno antistante la macchina e le permettono di avanzare a ritmi maggiori rispetto a uno scavo tradizionale. Uno dei vantaggi di questa lavorazione risiede nella presenza di un sistema per il sostegno del fronte di scavo mediante la pressurizzazione dello stesso materiale di scavo in funzione delle condizioni al contorno^[1]. Ciò consente l'uso delle TBM anche in zone densamente urbanizzate, perché la variazione dello stato tensionale nel terreno circostante l'opera è esiguo.

Tuttavia, la testa fresante richiede particolare attenzione sul consumo dei cutter, specialmente quelli perimetrali, da sostituire o riparare e il cui smontaggio avviene in condizioni iperbariche per l'addetto preposto. Inoltre, la formazione di depositi fangosi può ostruire le componenti della macchina incrementando la temperatura della testa che può compromettere la sicurezza del personale^[2].

Le scaglie prodotte dallo scavo sono convogliate a un sistema di nastri trasportatori che attraversano l'intero corpo macchina per estrarre lo smarino. Tale sistema è di fondamentale importanza per il corretto funziona-

mento della macchina stessa: come sottolineato in precedenza, la camera di scavo è basata su un principio di equilibrio tra la pressione esterna esercitata dal fronte di scavo sulla macchina e viceversa. A questo equilibrio va aggiunto quello tra il quantitativo di materiale rimosso dalla coclea, che deve avere una velocità tale da adeguarsi alle condizioni di pressione necessarie. In buone condizioni di scavo, per la realizzazione di una galleria di 16 m di diametro, la macchina può avanzare in media 100 m a settimana^[3], il che comporta una necessità di rimozione di circa 20.000 m³ di materiale di scavo al quale vanno aggiunti fluidificanti e tensioattivi. Inoltre, c'è il rischio che il convoglio del materiale di scavo possa portare alla formazione di grisou esplosivo nella prima parte del sistema di nastri, specialmente in caso di lavori in masse rocciose gassose^[4].

Una volta rimosso dal fronte di scavo, lo smarino deve essere convogliato verso aree di deposito in esterno e l'impiego di nastri trasportatori appare la soluzione più efficiente. Tuttavia, il nastro deve essere appositamente progettato per il tracciato da percorrere, garantendo la portata necessaria in funzione della velocità di scavo e prevedendo motori adatti per ridurre le forze massime di trazione del tappeto^[5]. Pertanto, sebbene sia compito degli operatori regolare la velocità di estrazione e prevedere una corretta aerazione del sistema di nastri, è fondamentale prevedere pulizia e manutenzione lungo tutto il tracciato. A tal fine, risulta molto utile monitorarne e conoscerne continuamente lo stato.

Lo scavo, infine, viene completato mediante il posizionamento del rivestimento interno della galleria: conci in calcestruzzo armato precompresso vengono trasportati nel punto in cui devono essere installati, vengono sollevati mediante un erettore e infine vengono posizionati e mantenuti in posizione dai vari martinetti presenti sulla TBM^[6]. In funzione della galleria e delle campagne di scavo, esistono soluzioni specifiche che prevedono forme diverse dei conci di rivestimento; il numero dei conci per ciascun anello è dettato da limitazioni operative e costruttive, bilanciando dimensioni tali da poter essere movimentati agevolmente sui nastri e la riduzione del numero di giunti, che nello schema statico si presentano come cerniere che incrementano il rischio di instabilità del sistema a fronte della complessa reazione del terreno^[7]. Suddetto rivestimento rappresenta la componente resistente rispetto alle forze indotte dal terreno circostante e dall'acqua; l'introduzione della precompressione consente di eliminare i giunti bullonati e ridurre il volume delle armature, abbassando i costi^[8]; inoltre, questo genere di rivestimento consente di minimizzare le deformazioni indotte nel terreno dallo

scavo^[9], riducendo al minimo i rischi legati alla stabilità degli edifici circostanti. L'automatizzazione di questo processo garantisce un incremento notevole in termini di sicurezza, tuttavia il sistema deve essere progettato – e mantenuto – in maniera tale da non generare eccessive deformazioni nei conci, che altrimenti risultano inadatti alla formazione dell'anello di rivestimento. Oltre ai conci, si può optare per lastre tralicciate predalles per la realizzazione del rivestimento interno delle gallerie, specialmente in caso di planimetrie articolate. La conformazione di queste lastre le rende particolarmente idonee per l'utilizzo in galleria, tuttavia deve essere previsto un processo *ad hoc* di trasporto e posizionamento, per evitarne la rottura. Inoltre, richiedono particolare attenzione alla puntellatura, che, sebbene risulti poco ingombrante, deve essere monitorata per garantire la sicurezza nella parte centrale della galleria.

Inoltre, per quanto riguarda le gallerie, un altro tema di spicco in merito all'innovazione è la realizzazione di un bypass di collegamento. A livello europeo viene prevista, per le opere in sotterraneo, la realizzazione di due canne affiancate unite fra loro da una galleria di collegamento ogni 500 metri, appunto un bypass^[10]. Il tunnel di collegamento ha una duplice funzione: logistica e di sicurezza.

Proprio quest'ultima è il vantaggio principale del bypass di collegamento durante la fase di esercizio. Questo perché nella fase di costruzione della galleria a doppia canna la sicurezza è legata alla geologia del terreno e alla difficoltà delle lavorazioni in sotterraneo, ma una volta terminata la costruzione della galleria il tema della sicurezza riguarda l'architettura, la struttura interna ma anche i suoi collegamenti con l'interno e l'esterno. Per questo, nella fase di esercizio, i bypass hanno la funzione di via di fuga durante le emergenze, come in caso di incendio; inoltre, una delle due canne principali può essere utilizzata come galleria di sicurezza per l'altra^[10]. Gli svantaggi, invece, sono legati ai tempi e costi di costruzione, perché la realizzazione del bypass è un processo complesso che richiede un'attenta pianificazione, coordinamento, esecuzione e manutenzione.

Lo scavo effettivo della galleria può essere realizzato sia con tecniche tradizionali o mediante l'uso della TBM, in funzione di diversi fattori, tra cui i tipi di roccia presenti, le tempistiche di costruzione e i costi da sostenere. Proprio per questi motivi, ma soprattutto per le condizioni geofisiche che variano in base al luogo, non è possibile individuare una metodologia standardizzata da applicare^[11], fattore che complica il processo di digitalizzazione. Lo scavo tradizionale viene realizzato tramite alcune lavorazioni come: perforazione, carica-

mento e brillamento, ventilazione, disgreggio, smarino, rilevamento geologico, consolidamento, rivestimento interno^[12]. Uno dei temi principali legato al metodo tradizionale è la sicurezza del lavoratore impiegato nella realizzazione delle gallerie, perché sono infiniti gli scenari di infortuni o malattie professionali che possono presentarsi. I principali rischi sono: geologici; legati all'utilizzo di macchine; le lavorazioni svolte; incendio; agenti fisici (rumore e vibrazioni), chimici e ambientali. Proprio per questo bisogna applicare una sicurezza 'intelligente' che sia in grado di valutare i possibili rischi e fornisce le misure di protezione e di prevenzione al fine di ridurli o eliminarli del tutto. Quindi la realizzazione di una galleria rappresenta un forte impiego sia in fase di progettazione che esecutiva^[13].

A differenza dello scavo tradizionale, la TBM permette un elevato grado di industrializzazione, poiché scava e monta i conci prefabbricati come una vera e propria catena di montaggio. Per questo motivo l'interesse per lo scavo con questa macchina risulta migliore rispetto all'impiego del metodo tradizionale perché in primo luogo migliora le condizioni di sicurezza in cantiere e la qualità della galleria, rende il lavoro più semplice per i lavoratori, riduce le tempistiche di realizzazione grazie alla sua velocità costruttiva consentendo un cronoprogramma affidabile. Per questi motivi lo scavo tramite l'utilizzo della TBM è il metodo migliore da applicare nella costruzione di bypass e gallerie, perché consente di automatizzare e digitalizzare un processo ripetuto in serie, come lo scavo tradizionale, che richiederebbe tempi e costi di realizzazione maggiori.

Infine, nell'ambito della digitalizzazione di processo, si sottolinea il desiderio di rinnovare il tracking dello stato di avanzamento lavori. In questo settore diventa cruciale migliorare l'efficienza e la qualità delle operazioni applicate in cantiere durante la fase esecutiva. Lo scopo del SAL è quello di monitorare e supervisionare in tempo reale la progressione dell'opera, per apportare modifiche tempestive e coordinare al meglio le relazioni tra committenti, appaltatori e subappaltatori. Importante è la figura del quantity surveyor, professionista specializzato nel campo dell'edilizia e della gestione economica dei progetti, capace di valutare il costo e la quantità del materiale, delle attrezzature e della manodopera per la realizzazione dell'edificio. Questa figura è coinvolta dalla pianificazione fino alla realizzazione del progetto stesso^[14]. I vantaggi legati al tracking sono diversi: pianificazione ottimizzata, attraverso il controllo del progresso delle lavorazioni, che consente di evitare ritardi e sovrapposizione perfezionando l'utilizzo delle risorse disponibili; riduzione dei costi; gestione dei ri-

schi che consente di mettere in atto delle soluzioni per evitare che i problemi presenti si aggravino.

Oggi le nuove tecnologie hanno portato a modernizzare il progresso delle lavorazioni, consentendo di migliorare la tempestività, il controllo, i costi e la precisione. Tra i diversi strumenti che hanno ammesso l'innovazione si ricordano il Building Information Model, per seguire l'intero processo del ciclo di vita dell'edificio, riducendo i costi, migliorando la qualità e perfezionando ulteriormente la progettazione, la costruzione e la gestione degli edifici^[15,16]; i GPS per tracciare la posizione esatta delle attrezzature, dei macchinari ma anche del personale al lavoro, portando a un'ottimizzazione della sicurezza in cantiere; i droni, da utilizzare non solo per i rilievi del sito o dell'edificio da recuperare, ma anche per controlli, attraverso immagini e video periodici del cantiere per valutare lo stato dei lavori e identificare i possibili problemi; infine la gestione dei progetti tramite l'utilizzo di strumenti che consentono ai team di registrare l'avanzamento e comunicare in tempo reale. Tuttavia, gli ecosistemi avanzati che potrebbero risolvere il problema del tracking non sono prodotti tecnologici pronti all'uso^[17].

“Insieme allo studio approfondito di ciascuna delle lavorazioni risulta necessario interrogarsi sulle modalità di declinazione della tecnologia: il settore delle costruzioni presenta maggiori sfide rispetto ad altri, perché le condizioni al contorno di ciascun manufatto non consentono una standardizzazione dei processi”

Insieme allo studio approfondito di ciascuna delle lavorazioni, per conseguire gli obiettivi di incremento di sicurezza, efficienza e qualità garantiti dalla digitalizzazione, risulta necessario interrogarsi sulle modalità di declinazione della tecnologia: il settore delle costruzioni presenta maggiori sfide rispetto ad altri, perché le condizioni al contorno di ciascun manufatto non consentono una standardizzazione dei processi. Inoltre, la digitalizzazione non ha una declinazione univoca: ci sono differenze significative tra i lavori robotizzati, automatizzati e remotizzati; allo stesso modo l'implementazione di soluzioni puntuali porta risultati significativamente diversi dalla creazione di ecosistemi digitali. La robotizzazione, infatti, presuppone l'impiego di robot fisici per lo svolgimento di attività precise, remotizzare significa controllare a distanza il processo, chiave nell'avanzamento della TBM, mentre automatizzare implica coinvolgere sistemi autonomi, che possono eventualmente essere monitorati in continuo, come nell'esempio dei nastri trasportatori. L'obiettivo per massimizzare gli impatti della digitalizzazione è trovare modi per integrare questi metodi in modo sinergico. Nella collaborazione tra Webuild e l'Università è risultato fondamentale il progresso in due direzioni: lo studio delle singole lavorazioni, individuandone le debolezze e le potenzialità, insieme all'approfondimento delle tecnologie digitali innovative, per valutare dove questi due aspetti, virtualmente molto distanti, possono trovare punti di collega-

mento. A fronte di tutte le lavorazioni precedentemente descritte, il focus di UniWeLab è stato sulla manutenzione della testa della TBM, cruciale per garantire l'efficienza e la sicurezza del processo di scavo e del tracking del SAL, elemento chiave per ottimizzare la pianificazione, ridurre i costi e gestire i rischi.



// REFERENCES

- [¹] Chiarelli, M. (2009). Lo scavo meccanizzato TBM nella realizzazione di Tunnel. Atti del convegno.
- [²] Fu, J., et al. (2021). A case study on TBM cutterhead temperature monitoring and mud cake formation discrimination method. *Sci Rep* 11, 19983.
- [³] Sorgia, L. (2008). Descrizione, funzionamento e analisi prestazionale delle macchine di scavo meccanizzato.
- [⁴] Bandini, A., et al. (2017). Safe excavation of large section tunnels with earth pressure balance tunnel boring machine in gassy rock masses: The Sparvo Tunnel Case Study. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 67, 85–97.
- [⁵] Bringiotti, M., Duchateau, J.-B., Portner, S. (2013). Movimentazione dello smarino tramite sistema di nastri trasportatori con riferimento a vari case histories.
- [⁶] Pepe, G.G. (2008). Rivestimenti di Gallerie in Conci Prefabbricati: Sperimentazione e Analisi.
- [⁷] Arnau Delgado, O. (2016). Structural response of precast concrete segmental tunnel linings.
- [⁸] Nishikawa, K. (2003). Development of a prestressed and precast concrete segmental lining. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 18(2–3), 243–251.
- [⁹] Jusoh, S. N., et al. (2019). Precast Concrete Tunnel segments: A review on current research. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 64(1), 7–16.
- [¹⁰] Terzo Valico dei Giovi - Nodo di Genova. Sicurezza in galleria. www.terzovalico.it
- [¹¹] Ashworth, A., et al. (2023). *Willi's practice and procedure for the quantity surveyor*. Wiley-Blackwell.
- [¹²] BBT SE (2023). *Metodi di scavo*. www.bb-se.com
- [¹³] Sicuri sul lavoro (2023). *Rischio nello scavo di gallerie (metodo tradizionale)*. www.sicuri-sul-lavoro.it
- [¹⁴] Eastman, C., et al. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*.
- [¹⁵] Succar B. (2009). *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*. *Automation in Construction*.
- [¹⁶] Mahajan, G. (2021). *Applications of Drone Technology in Construction Industry: A study 2012-2021*. *Int. Journal of Engineering and Advanced Technology*.
- [¹⁷] Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869.

//15

Manutenzione TBM: può la tecnologia proteggere l'uomo?



Federica Bisi
Giovanni Rocca



// ABSTRACT

Ad oggi la Tunnel Boring Machine (TBM) è uno degli strumenti più efficaci nella realizzazione di gallerie: permette lo scavo del terreno interessato e simultaneamente ne realizza il rivestimento. Questo metodo di scavo comporta azioni di manutenzione complesse relative alla sostituzione dei cutter usurati dal progressivo avanzamento dell'opera. Di seguito sono presentate diverse soluzioni per aiutare gli operatori nell'eseguire questa lavorazione e ridurre la presenza sul fronte. Tra queste, sicuramente innovativo è l'utilizzo di una stampante 3D per la produzione dei ricambi da sostituire direttamente collegata al robot NeTTUN che, con i suoi bracci meccanici, potrebbe occuparsi autonomamente della manutenzione. L'operatore sarà sempre coinvolto ma in condizioni di maggiore sicurezza.

// ABSTRACT

Una Tunnel Boring Machine (TBM) è una fresa meccanica a sezione piena comunemente nota come 'talpa'. È una macchina che permette lo scavo di una galleria a sezione circolare e, in contemporanea, ne realizza il rivestimento sotto forma di anelli successivi, assemblati da conci prefabbricati in cemento armato, permettendone il consolidamento. Questo macchinario è in grado di lavorare sia in roccia molto resistente sia in terreno morbido e permette di velocizzare il processo di scavo^[1]. La TBM si compone di diversi elementi e moduli che complessivamente possono raggiungere una lunghezza di 300 metri. La parte principale della TBM è la testa fresante, che si trova a diretto contatto con la parete di roccia da scavare e il cui diametro varia in base alla sezione trasversale della galleria. All'interno della testa fresante si trovano la tramoggia, il motore di spinta principale e il cuscinetto principale. Tra il primo e secondo scudo si trovano i gripper, costituiti da due paratie che vengono spinte a movimenti idraulici verso le pareti della galleria per ancorare la macchina alla roccia e, quindi, consentire l'avanzamento dello scudo telescopico. In questa posizione, i gripper separano il primo e il secondo scudo, offrendo notevoli vantaggi tecnici in fase di scavo. Il secondo scudo funge da protezione al meccanismo dedicato al montaggio dei conci di rivestimento. Un macchinario detto erettore permette il sollevamento dei singoli conci mediante un sistema pneumatico^[2].

“È facilmente deducibile che la manutenzione della TBM è strettamente legata all'usura degli utensili che si danneggiano più o meno velocemente e devono essere sostituiti con altri nuovi”

Gli utensili di scavo ricoprono compiti diversi. Nel caso della roccia sono utilizzati i cutter a disco, in grado di esercitare forti pressioni localmente sulla parete rocciosa, generando così fessurazioni e scheggiando progressivamente la roccia. Invece, nel caso di terreno morbido, si usano raschiatori statici che funzionano come utensili da tornio^[1]. È facilmente deducibile che la manutenzione della TBM è strettamente legata all'usura degli utensili che si danneggiano più o meno velocemente e devono essere sostituiti con altri nuovi. Dopo una misurazione visiva da parte degli operatori dello stato di usura dei componenti, inizia la sostituzione. Infatti, maneggiare le frese a disco può essere molto difficoltoso considerato che il loro peso si aggira tra i 130 e i 250 chilogrammi^[1]. Questa operazione ha un impatto sulla produttività poiché ferma l'avanzamento dello scavo e, ogni dieci cutter sostituiti, coinvolge due operatori per circa sei ore di lavoro. La difficoltà dell'operazione è anche dovuta al fatto che si svolge a una pressione maggiore di quella atmosferica. Nel far arretrare leggermente la posizione delle TBM, in modo tale che possa avvenire la sostituzione degli utensili, si genera una stretta intercapedine tra macchina e il fronte di scavo in cui l'opera-

“Una delle innovazioni proposte per risolvere questo problema è un prototipo di software di apprendimento automatico che utilizza sensori per prevedere quando un componente sarà usurato, per evitare la supervisione in loco degli operatori e rendere così il processo di manutenzione più veloce.”

tore si deve calare in tenuta iperbarica. Per le condizioni ambientali in cui si svolge, questo tipo di lavorazione richiede un particolare focus sulla sicurezza e la salute, come evidenziato da alcuni studi di settore^[3].

Una delle innovazioni proposte per risolvere questo problema è un prototipo di software di apprendimento automatico che utilizza sensori per prevedere quando un componente sarà usurato, per evitare la supervisione in loco degli operatori e rendere così il processo di manutenzione più veloce^[1]. Inoltre, alcune industrie stanno testando un robot chiamato NeTTUN per la sostituzione dei cutter grazie a cui non sarebbe più necessaria la presenza di operatori umani. Il robot è formato da un braccio su cui delle pinze dedicate e intercambiabili possono essere montate per gestire dischi rotanti o utensili da perforazione a lame dentate. Con questo metodo verrebbe gestita in modo affidabile la procedura completa dei ricambi e permetterebbe di ridurre notevolmente le conseguenze che questa operazione comporta^[4].

La combinazione di queste due soluzioni rappresenta una nuova opportunità di sviluppo. Date queste premesse, questo contributo vuole approfondire i risultati emersi durante il secondo Hackathon UniWeLab. Il concorso, svoltosi a marzo 2023, ha portato gruppi di studenti dell'Università di Genova a ragionare su possibili nuove implementazioni tecnologiche e robotiche per risolvere alcune lavorazioni delicate. La soluzione esposta di seguito si è classificata al secondo posto e consiste nell'utilizzo di una stampante 3D in serie alle altre innovazioni. Essa potrebbe essere collegata al robot NeTTUN così da rendere la sostituzione e la produzione degli utensili di ricambio della testa fresante automatizzata.

Il primo step del processo consiste nel prevedere e rilevare quando e dove siano collocati i componenti usurati. Questo compito potrebbe essere svolto attraverso l'utilizzo di telecamere e sensori, posizionati sulla testa di taglio in grado di studiare il comportamento e l'andamento di usura delle frese nel tempo. Successivamente i dati ottenuti potrebbero essere trasmessi a un software di apprendimento automatico, il quale sarebbe in grado di misurare in modo autonomo, grazie al continuo flusso di informazioni, la variazione dello stato dei componenti di taglio nel tempo, prevedendo così, sempre più accuratamente, quali e quanti componenti si usureranno. Ci sono diverse problematiche che occorre ancora superare: ad esempio la presenza di polvere e fanghi che possono portare al danneggiamento delle telecamere; la tipologia di sensori da utilizzare per la misurazione dell'usura dei cutter. Occorrerà quindi studiare le soluzioni possibili nel prosieguo dello sviluppo del processo.

La soluzione prevederebbe successivamente l'utilizzo del robot NeTTUN per rimuovere gli elementi usurati, trasportare i cutter di ricambio per posizionarli sulla testa fresante, così da ridurre il più possibile l'impiego di operatori nelle fasi di manutenzione. Tuttavia, si precisa che l'elevato peso degli utensili di scavo potrebbe non permettere al robot di lavorare in tempi brevi. Per ovviare a questo problema la soluzione prevede l'uso di una stampante 3D, talmente versatile che viene già impiegata in diversi settori, come quello manifatturiero e quello aerospaziale. I modelli proposti sul mercato sono numerosi, tra questi si possono citare la Roboze modello Argo 500 oppure Stratasys modello FORTUS 450MC e ancora Envisiontec modello P4K^[5].

La stampante può essere programmata per produrre pezzi di diverso tipo e forma, con la possibilità di cambiare materiale in base alle informazioni rilevate dai sensori. Ad esempio, è possibile valutare il materiale più adatto a seconda del tipo di terreno che deve essere scavato in una determinata area. I vantaggi nell'utilizzo di questa stampante potrebbero essere molteplici. Infatti, oltre a poter stampare all'occorrenza i pezzi da sostituire, si potrebbero utilizzare materiali innovativi, diversi da quelli attuali, per la loro produzione.

Con questa soluzione si va a proporre, inoltre, la sostituzione del metallo pesante, utilizzato finora per la produzione degli utensili di scavo, con dei polimeri, i quali possiedono migliori caratteristiche fisiche, chimiche e meccaniche rispetto ai metalli. Infatti, essi sono caratterizzati da una maggiore resistenza alla corrosione, agli agenti chimici e al calore. Inoltre, i polimeri presentano una minore densità che permetterebbe di produrre utensili di scavo più leggeri, riducendo i costi di produzione^[6]. In questo ambiente complesso, in cui si andrebbe a inserire una nuova tecnologia, è necessario un miglioramento che renda più efficace la condivisione dei dati ottenuti durante lo scavo con le nuove tecnologie. In questo modo si genererebbe un network chiuso di condivisione dati che aumenterebbe l'efficienza d'impiego dei vari componenti della macchina. Infatti, per rendere l'utilizzo della stampante in questo processo il più efficiente possibile, essa dovrebbe essere impostata in modo da ricevere direttamente i dati provenienti dal software responsabile dei rilevamenti dello stato di usura degli utensili, in modo tale da poter cominciare a produrre i pezzi immediatamente e ridurre così al minimo i tempi di sostituzione. In futuro il software potrebbe diventare così preciso da prevedere con alti livelli di accuratezza il momento in cui i pezzi arrivano allo stato di usura, riducendo i tempi morti che governano il processo di manutenzione.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

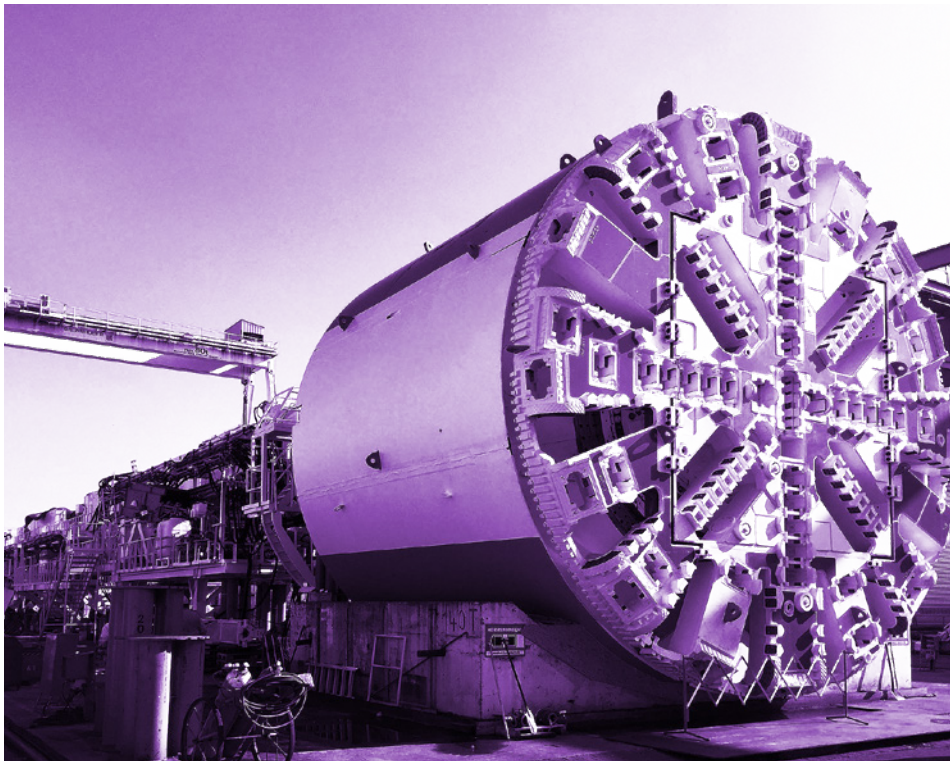
Infine, la stampante dovrebbe operare in stretta collaborazione con il robot NeTTUN, il quale ha il compito di prelevare il pezzo prodotto, trasportarlo e collocarlo al posto dell'utensile usurato precedentemente rimosso la testa fresante. Dall'analisi SWOT svolta sulla soluzione sono stati valutati i vantaggi e gli svantaggi, sia nel suo utilizzo, sia sulle modifiche che apporterebbe all'intera linea industriale. La soluzione permetterebbe di migliorare le condizioni di sicurezza dei lavoratori, che dovrebbero solamente monitorare il corretto funzionamento dei macchinari, operazione che potrebbe avvenire da remoto. Inoltre quanto proposto darebbe impulso agli studi e allo sviluppo delle ricerche sui polimeri, ad esempio si potrebbero studiare polimeri in grado di aumentare la vita media dell'utensile di scavo. In aggiunta, molti centri di ricerca stanno studiando modelli più avanzati di stampanti 3D rispetto a quelli attualmente sul mercato, così da ridurre i costi e i tempi di produzione dei singoli pezzi. Da non sottovalutare i costi iniziali per lo sviluppo del software di previsione, l'acquisto del robot NeTTUN e della stampante 3D. È quindi consigliato effettuare analisi più approfondite per valutare costi e benefici del progetto. Da tenere in conto anche la presenza di sistemi di sicurezza opportuni in caso di malfunzionamento dei componenti o di guasto alla corrente elettrica.

Come già anticipato, il fronte è scomodo sia per gli operatori sia per i sensori per polvere, fanghi e ridotta illuminazione. Essi si troverebbero direttamente sul fronte quindi c'è il rischio che subiscano danneggiamenti durante lo scavo. Si potrebbe ovviare a questa problematica delegando al robot la loro installazione. Questo, però, porterebbe all'interruzione delle operazioni di scavo con conseguente ritardi nell'esecuzione.

In conclusione, benché l'impiego di nuove tecnologie possa essere in grado di alleggerire il ruolo della componente umana, sarà sempre necessario predisporre la formazione costante del personale che dovrebbe essere in ogni momento pronto a intervenire in caso di situazioni particolari.

// REFERENCES

- [1] Camusa T., Moubarak S. (2015). Maintenance Robotics in TBM Tunnelling. IAARC.
- [2] BBT SE (2023). Metodi di scavo. www.bb-se.com
- [3] Lamont, D.R. (2006). Decompression illness and its regulation in contemporary UK tunnelling – An engineering perspective. Ph.D. Thesis. Aston University.
- [4] European Union. (2017). New Technologies for Tunnelling and Underground Works: Risultati in Breve, approccio pionieristico del Ciclo di Vita per Rivoluzionare l'Industria Della Perforazione Sotterranea.
- [5] Redazioni 3D4growth. (2021). Stampanti 3d professionali. 3d4growth.com
- [6] Toscano A. (2020). Metal replacement: perché sostituire i metalli con polimeri e compositi? www.roboze.com



//16

Intelligenza Umana e Artificiale: considerazioni e riflessioni



Fulvio Mastrogiovanni



// ABSTRACT

Il 20 dicembre 2022 l'Università di Genova ha ospitato la Lecture *Natural-Artificial Intelligence: Brain for Robot* tenuta dal professor Rüdiger Dillmann del Karlsruhe Institute of Technology. UniWeLab si è fatto promotore dell'iniziativa che ha raccolto notevole successo ma cos'altro si può dire? Questo contributo si posiziona a valle della lezione e riflette sulle possibili contaminazioni che intelligenza umana e artificiale possono avere vicendevolmente. La grande sfida che emerge da questa relazione è sita nei modelli teorici per descrivere l'approccio neuromorfico, per i quali l'attuale stato dell'arte dell'ingegneria robotica fatica a trovare soluzione. Forse è nell'ibridazione e nell'incontro tra i due universi che si possa trovare la chiave di volta?

//ARTICOLO

Nel vasto panorama dell'evoluzione tecnologica, la riflessione sull'intersezione tra l'intelligenza umana e le prospettive dell'intelligenza artificiale emerge come un terreno fertile per esplorare le frontiere della conoscenza e dell'innovazione. Mentre l'intelligenza umana ha guidato il progresso culturale, scientifico e tecnologico attraverso secoli di scoperte, la recente accelerazione nel campo dell'intelligenza artificiale ha suscitato domande fondamentali sulle similitudini, le differenze e le potenziali convergenze tra queste due modalità di intelligenza. A seguito della *lecture* del professor Dillmann, che si è proposta di esaminare in profondità il delicato equilibrio tra la ricchezza e la complessità dell'intelletto umano e l'emergente potenza delle macchine intelligenti, in questo testo proviamo a riprendere e commentare le sue osservazioni riguardo alle sfide etiche, le opportunità scientifiche e il futuro condiviso di queste due forme di intelligenza.

“La complessità di integrare in modo efficiente i meccanismi di read-out, cioè dell'acquisizione dei dati dal mondo esterno, con le rappresentazioni distribuite e i successivi stadi di elaborazione simbolica.”

L'argomento cardine della *lecture* riguarda i nuovi paradigmi di computazione, che devono essere considerati come un fondamentale substrato di ogni processo 'intelligente'. Un approccio particolarmente interessante, che sembra porsi in una posizione intermedia tra i substrati biologici e artificiali, rispettivamente alla base dell'intelligenza umana e di quella artificiale, è quello neuromorfo (detto anche 'a eventi'). Le applicazioni del paradigma di elaborazione neuromorfico sono ancora in una fase iniziale, principalmente a causa delle sfide insite nella natura stessa della tecnologia, che richiede modalità specifiche adatte a questo innovativo paradigma di computazione. In aggiunta, la complessità di integrare in modo efficiente i meccanismi di 'read-out', cioè dell'acquisizione dei dati dal mondo esterno, con le rappresentazioni distribuite (basate su modelli ispirati dal funzionamento dei neuroni biologici) e i successivi stadi di elaborazione simbolica.

La prospettiva più promettente per sfruttare appieno le potenzialità dell'elaborazione dati di tipo neuromorfico sembra essere quella sensomotoria, la quale richiede notevoli livelli di performance in termini di adattabilità e reattività. Con 'sensorimotorio' intendiamo una relazione funzionale in grado di guidare un comportamento motorio basato su una serie di percezioni, come, ad esempio, il movimento della testa o di un braccio di un robot umanoide a seguito del riconoscimento e del tracking di un target in movimento mediante telecamere neuromorfiche. Per fornire metodi pratici nella progettazione e realizzazione di un tale comportamento utilizzando principi neuromorfi, l'architettura 'software' deve essere basata su primitive di computazione che

conducano ad algoritmi corretti e completi, concettualmente equivalenti a quelli richiesti dall'ipotesi di Böhm-Jacopini per la computazione basata su architetture classiche 'alla Von Neumann'^[1]. Queste primitive coinvolgono la capacità di eseguire 'istruzioni' in una sequenza specifica, basata su determinate condizioni, e iterativamente se necessario, essenziali nello sviluppo di comportamenti in sistemi intelligenti, siano essi di natura neuromorfica o meno. In particolare, questa capacità è fondamentale per processare dati sensoriali in modo controllabile e con obiettivi definiti in termini di correttezza e completezza dal punto di vista funzionale.

Emerge chiaramente che le modalità di computazione basate sull'architettura classica 'alla Von Neumann' sono insostenibili in termini energetici e prestazionali. Ne sono un esempio le procedure relative all'apprendimento da dati degli algoritmi di intelligenza artificiale di ultima generazione. Considerando le caratteristiche prestazionali, è rilevante evidenziare i limiti nei modelli computazionali concepiti per architetture di elaborazione classiche. Il limite più evidente è la necessità di una rappresentazione esplicita dello 'stato' del fenomeno modellato valida in ogni istante. Solo attraverso ciò che è esplicitamente incluso nella rappresentazione dello stato è possibile determinare il comportamento attuale e futuro dei parametri rilevanti di un certo fenomeno. Tale esigenza si riflette in diversi aspetti, tra cui la necessità di rappresentare dati numerici e simbolici con una certa precisione, definita dal numero di bit che caratterizza l'architettura nel suo complesso, l'esigenza di disporre di ampia memoria computazionale per una rappresentazione esplicita dei dati e la complessità della progettazione di hardware dedicato e performante.

“Gli obiettivi principali per la progettazione e soprattutto la realizzazione di un'architettura sensomotoria richiedono la definizione di nuove primitive computazionali”

Il paradigma di computazione neuromorfica presuppone un substrato computazionale e un modello di elaborazione dei dati diverso da un algoritmo operante su uno stato. Gli obiettivi principali per la progettazione e soprattutto la realizzazione di un'architettura sensomotoria basata su questi assunti richiedono la definizione di nuove primitive computazionali, l'integrazione del modello dei dati dei sistemi neuromorfici basato sulla modulazione dei dati mediante treni di spike o simili, con il modello dei dati classico basato sulla rappresentazione di uno 'stato' in memoria e il suo trattamento mediante una serie di istruzioni, e la resa relativa in una piattaforma computazionale che permetta di progettare algoritmi o, più in generale, processi di elaborazione da implementare mediante queste nuove primitive.

Attualmente, una delle barriere principali relative all'adozione di approcci neuromorfici è l'indisponibilità di framework che consentano di progettare architet-

ture sensomotorie intelligenti completamente basate sul paradigma neuromorfo, ovvero in grado di implementare algoritmi specificati ad alto livello utilizzando una serie di primitive computazionali neuromorfiche end-to-end in modo corretto e completo. L'approccio attuale prevede l'integrazione di moduli progettati e realizzati con principi neuromorfi con moduli software classici. Tuttavia, l'evidenza in letteratura è che tale approccio sia svantaggioso per i risultati di un'architettura completamente neuromorfa o completamente algoritmica.

Questa limitazione diventa particolarmente evidente nella progettazione e nello sviluppo di sistemi sensorimotori, pensati per legare l'informazione percettiva con un'azione nel mondo. L'approccio classico alla modellazione di sistemi di questo tipo deriva da un processo di predizione e stima basato su modelli di decisione 'alla Markov', dove l'osservabilità dello stato, che in questo caso è essere funzione dei dati percettivi, può essere totale o parziale. Questi approcci presuppongono la necessità, ereditata dal modello computazionale basato su un approccio algoritmico, di poter definire uno stato che vada esplicitamente rappresentato. In particolare, la cosiddetta 'assunzione di Markov' prevede che tutta l'informazione relativa alle passate percezioni e alle azioni intraprese in precedenza possa essere condensata nella rappresentazione dello stato in un certo istante. L'informazione rappresentata nello stato è considerata essere sufficiente per generare predizioni di stati futuri. I modelli di predizione bayesiani, che discendono da quelli markoviani, come ad esempio il filtraggio di Kalman nell'ipotesi che i dati siano conformi a una distribuzione di probabilità gaussiana, ereditano questo framework teorico-concettuale e pratico, poiché tutta la teoria del controllo è basata sul concetto di rappresentazione esplicita dello stato e sulla sua analisi mediante un algoritmo. In sostanza, ogni aspetto di un'architettura sensomotoria basata su assunti classici presume il concetto di stato, in quanto deriva dai modelli di decisione markoviani. Questo è naturalmente incompatibile con un sistema intelligente basato (in tutto o in parte) su un approccio neuromorfo, in cui le informazioni sono codificate in frequenza, rappresentate in modo distribuito come treni di spike, e soprattutto sono transienti, vale a dire che la loro rappresentazione si estingue dopo un certo tempo.

Idealmente, un framework sensomotorio basato su un paradigma computazionale neuromorfo non codifica esplicitamente lo stato, vale a dire i dati sensoriali, le posizioni dei giunti del robot, oppure i parametri per controllare il movimento di un braccio. Una rappresentazio-

ne funzionalmente analoga al concetto di stato emerge in un'architettura neuromorfica a partire dal trattamento dei treni di spike del flusso dei dati, ma ha una vita effimera, con una costante di tempo molto minore rispetto all'analogo classico. Di fatto, si può osservare che in un sistema neuromorfico lo stato è di fatto un processo, un flusso in cui i dati sono elaborati in qualche modo. Di conseguenza, rappresentare lo stato in un sistema neuromorfo è di difficile controllabilità. Un'architettura neuromorfica richiede un completo cambiamento di paradigma nel modo in cui i dati vengono acquisiti e processati. È necessario progettare e implementare una serie di primitive computazionali in grado di modulare i dati sensoriali grezzi in insiemi di treni di spike che codificano l'informazione percettiva in modo univoco. Questo emerge dal substrato hardware utilizzato. Dal punto di vista modellistico e di rappresentazione del dato, un approccio oggi particolarmente promettente è la Dynamic Field Theory (DFT), che consente di modellare e processare tali insiemi di treni di spike. Le primitive computazionali possono essere realizzate combinando opportunamente degli elementi chiamati Dynamic Neural Fields (DNFs), che complessivamente implementano meccanismi del tipo Winner-Take-All (WTA), cioè modelli per cui i flussi di dati si stabilizzano attorno a certi punti di equilibrio. Questi modelli teorici possono dar luogo a Spiking Neural Networks (SNNs), e, in linea di principio, è possibile progettare e realizzare un'architettura sensomotoria completamente basata su assunti neuromorfi utilizzando tali modelli.

Tuttavia, come descritto sopra, tutte le attuali implementazioni di architetture sensomotorie basate su principi neuromorfici richiedono l'uso combinato (ibrido) di moduli basati su tale paradigma e moduli basati su algoritmi classici. Nel caso di un sistema sensorimotorio, è pertanto necessario eseguire la codifica di impulsi ('spike encoding') dei dati percettivi, ma nel momento in cui si debba controllare i movimenti di un robot è necessario eseguire la decodifica ('read-out') dai treni di spike impulsi in segnali compatibili con i controllori, per cui non esiste un equivalente neuromorfo degli algoritmi classici. Di fatto, è necessario ricondurre l'architettura neuromorfica a un framework compatibile con i processi decisionali alla Markov, limitando così significativamente le caratteristiche potenzialmente dispendenti di un'architettura neuromorfica end-to-end.

Per concludere, le sfide sono enormi, sia quelle teorico-concettuali, sia quelle tecnologiche. Nel primo caso, è necessario riuscire a ottenere modelli corretti e completi analoghi alla loro controparte basata sul paradigma di computazione classico, e tecniche per sintetizzare ogget-

ti' equivalenti ad algoritmi con comprovate performance in termini di correttezza e completezza. Nel secondo caso, è necessario disporre di un substrato computazionale poco costoso, e soprattutto di facile produzione. Tuttavia, la disponibilità di architetture basate sul paradigma neuromorfico sembra essere una via di mezzo ideale tra il funzionamento del cervello umano e la disponibilità di un substrato sintetico. Lo studio dei sistemi neuromorfici potrebbe fare luce sul concetto di 'computabilità' in sé, sia nel caso biologico, sia in quello sintetico.

// REFERENCES

^[1] Böhm, C.; Jacopini, G. (1966). Flow Diagrams, Turing Machines and Languages with Only Two Formation Rules. *Commun. ACM* 9, 366–371.

^[2] Schuman, C.D., Kulkarni, S.R., Parsa, M. et al. (2022). Opportunities for neuromorphic computing algorithms and applications. *Nat Comput Sci* 2, 10–19.



//17

Puzzle digitale per il monitoraggio e la gestione del SAL



Mario Prato



// ABSTRACT

La seguente trattazione si pone come obiettivo l'analisi dello stato dell'arte nell'ambito del monitoraggio dello stato avanzamento lavori (SAL) e la descrizione di un modello di gestione innovativo proposto durante l'Hackathon di UniWeLab riguardante l'argomento. Ad oggi nell'attività di monitoraggio del SAL si individuano problematiche di produttività, risparmio e sicurezza, senza dimenticare la difficoltà nel conoscere il reale stato di avanzamento. La proposta elaborata, intitolata *Smart Construction Site Management System*, cerca di mitigare le problematiche descritte affidandosi alle nuove tecnologie, avendo come principale proposta innovativa la suddivisione del cantiere in un 'puzzle' digitale per la gestione delle attività.

// ARTICOLO

Confrontando tra loro i vari settori industriali si può notare come il campo delle costruzioni sia ad oggi quello con il maggior numero di attività manuali e il minor utilizzo di sistemi tecnologici^[1]. Se ci si focalizza sulle differenze tra questo settore e quello automobilistico, si nota come quest'ultimo risulti decisamente più meccanizzato: l'utilizzo del braccio robotico ne è il massimo esempio. Questo è il risultato di una catena di montaggio molto efficiente che segue un meccanismo costruttivo replicabile e standardizzato su dimensioni ridotte. Per questo motivo questa struttura industriale non è facilmente adattabile all'ambito delle costruzioni, dove il prodotto è legato in maniera indissolubile alla sua posizione nello spazio e ogni opera presenta delle differenze micro e macroscopiche dalle precedenti. Queste considerazioni fanno intuire come il cantiere abbia bisogno di macchine decisamente più complesse per potersi orientare verso l'automatizzazione. I sistemi robotici dovrebbero riuscire a muoversi in un ambiente complesso e, dato che ogni costruzione rappresenta un caso a sé, dovrebbero essere in grado di adattarsi alla lavorazione da compiere.

“Affinché si possano implementare nuove tecnologie per il monitoraggio del SAL sono state riscontrate tre diverse tipologie di problematiche: problemi di produttività; problemi relativi al risparmio di tempo e denaro; problemi di sicurezza.”

Affinché si possano implementare nuove tecnologie per il monitoraggio dello stato avanzamento lavori (SAL) sono state riscontrate tre diverse tipologie di problematiche:

- I problemi di produttività poiché sono richieste numerose visite sul sito in costruzione, la raccolta manuale dei dati e la conseguente valutazione. Inoltre, le tecnologie esistenti mancano di flessibilità e sono molto costose^[2].
- I problemi sul risparmio di tempo e di denaro poiché i piani o i disegni vengono interpretati erroneamente, o le informazioni vengono trasferite in modo impreciso dal progetto all'oggetto reale^[3].
- I problemi di sicurezza; infatti, la gestione della sicurezza in cantiere attualmente ricopre un ruolo predominante nelle costruzioni, a causa degli innumerevoli incidenti che si verificano.

Ad oggi, risulta complesso conoscere il reale avanzamento dei lavori nelle varie fasi costruttive, oltre che una stima affidabile del tempo di esecuzione e un'efficace programmazione della logistica^[2]. Alcune aziende stanno immettendo sul mercato strumenti che nel prossimo futuro diventeranno molto utili per la crescita tecnologica del cantiere, ma che ad oggi risultano difficilmente utilizzabili con continuità per gli eccessivi costi

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

di produzione^[4]. Questo dimostra come il sito costruttivo non abbia ancora raggiunto un buon livello di industrializzazione anche per quanto riguarda gli strumenti da utilizzare. In particolare, si è riscontrata una propensione nei confronti dei processi di digitalizzazione con diverse soluzioni combinate di varie tecnologie, tra cui la ricostruzione 3D del Building Information Model (BIM) e la localizzazione GPS sia per l'ambito della sicurezza che per quello delle rilevazioni. Il prospetto prossimo di queste due tecnologie è il tentativo di produrre un gemello digitale del cantiere.

A marzo 2023 si è conclusa la seconda edizione del concorso Hackathon UniWeLab promosso da Webuild e dall'Università di Genova. In due giorni gli studenti magistrali di Ingegneria civile, edile e robotica dell'ateneo si sono sfidati in una competizione sulla digitalizzazione delle infrastrutture. Agli studenti è stato richiesto di individuare idee innovative per automatizzare il SAL.

Constatando la difficoltà nell'automatizzare il settore delle costruzioni per quanto descritto finora, l'idea ritenuta vincente dalla giuria pone l'attenzione sull'individuazione dei processi alla base del cantiere che possano essere standardizzabili e gestiti da remoto per facilitare il SAL. Pertanto, si individua come soluzione la possibilità di suddividere il progetto di realizzazione di una infrastruttura in una sorta di puzzle digitale, frammentando l'esecuzione in numerose parti, con lo scopo di poter realizzare le varie fasi in maniera dinamica ed efficiente, oltre che di poter pianificare e successivamente conoscere il reale stato di avanzamento. Tramite questa divisione è possibile scegliere l'ordine di esecuzione più adatto, conoscendo già in fase progettuale quali attività necessiteranno di più urgenza e quali possono essere svolte in contemporanea.

Per rendere possibile questo processo risulta necessario un centro di controllo collegato costantemente con ogni elemento del sistema cantiere^[5]. La chiave per permettere la connessione tra questo ipotetico cervello del cantiere e tutte le pedine del puzzle risulta essere la completa digitalizzazione di tutti gli strumenti e macchinari utilizzati. Per perfezionare il processo di automatizzazione si immagina un'intelligenza artificiale che possa governare l'intera rete, capace di svolgere più compiti contemporaneamente, di programmare gli scenari futuri e di ridurre il rischio di errori umani.

Una prima soluzione da adottare è pianificare un Automatic Storage Room (ASR), ovvero un deposito intelligente capace di rifornire lo spazio di lavoro conoscendo già in anticipo le quantità di materiale necessarie per risolvere ogni componente del puzzle e quando sarà

necessaria la fornitura. L'ASR ha il compito di ridurre l'impatto di due problematiche molto comuni: gli sprechi di materiale e i rallentamenti dei lavori a causa dei ritardi nelle forniture. Tramite un modello digitale è possibile monitorare in tempo reale l'intero cantiere e gestirne le relative richieste rendendo più indipendenti possibile tra di loro le diverse fasi, al fine di velocizzare la realizzazione dell'opera. Tramite la creazione di un gemello digitale del cantiere è possibile conoscere con estrema precisione le necessità di materiale e manodopera anche delle fasi successive a quelle che si stanno realizzando, potendo programmare con anticipo le attività logistiche^[6]. La connessione tra il centro di controllo e un drone dotato di tecnologia LIDAR è di notevole importanza per garantire l'istantanea mappatura del cantiere. Il drone garantisce diversi vantaggi all'interno del sito costruttivo^[7], suddivisibili in:

- Topografia e rilievo: i droni consentono di iniziare la progettazione su dati topografici precisi, aggiornati e rispettando tempi e budget previsti.
- Monitoraggio e sorveglianza: il project manager può verificare rapidamente la localizzazione di macchinari e attrezzature.
- Report di avanzamento lavori: i droni permettono di monitorare il SAL e i risultati che si stanno conseguendo da remoto, segnalando le parti del puzzle che sono state completate.
- Sicurezza dei lavoratori: attraverso un volo pianificato è possibile verificare che gli operatori svolgano le mansioni con le giuste misure di prevenzione e protezione.
- Ispezione e nuvola di punti della struttura: pianificando e realizzando voli accurati intorno all'opera è possibile tramite la tecnologia LIDAR creare una nuvola di punti della struttura da cui si possono ricavare modelli BIM.

“Anche l'operatore ricopre un ruolo fondamentale: in molti casi è stata evidenziata la possibilità di aumentarne la produttività e la specializzazione oltre a diminuirne la propensione al rischio e all'errore attraverso l'utilizzo di dispositivi personali intelligenti”

Anche l'operatore ricopre un ruolo fondamentale: in molti casi è stata evidenziata la possibilità di aumentarne la produttività e la specializzazione oltre a diminuirne la propensione al rischio e all'errore attraverso l'utilizzo di dispositivi personali intelligenti. L'utilizzo di un elmetto capace di comunicare e interagire con il centro di controllo in tempo reale e di visualizzare tramite un visore in realtà aumentata (RA)^[8] le mansioni richieste e le informazioni necessarie, permetterebbe all'operatore di essere costantemente coadiuvato. L'elmetto, che ha in dotazione un sensore GPS, permette l'istantanea localizzazione di tutte le persone presenti nel cantiere in caso di pericolo, oltre che la riduzione del rischio di incidente con le macchine operative. Inoltre, risulta possi-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

bile dotare l'elmetto di un particolare sensore di allarme in grado di segnalare eventuali posizioni a rischio.

Riguardo l'aumento delle capacità produttive del lavoratore si può pensare all'utilizzo di un esoscheletro, ossia uno strumento capace di sostenere gli arti superiori di chi lo indossa riducendo l'affaticamento fisico e aumentando le possibilità di carico. Si tratta di un supporto passivo indossabile, sviluppato per assistere i lavoratori durante i movimenti ripetuti o il mantenimento per tempi prolungati di posizioni non ergonomiche. L'utilizzo di strumenti del genere ha il vantaggio di aumentare notevolmente l'efficienza e le capacità del lavoratore, svolgendo le attività più onerose dal punto di vista fisico con minor fatica e maggiore sicurezza.

“L'obiettivo del modello sarebbe quello di garantire una connessione tra ogni elemento del cantiere, andando così a ricreare un gemello digitale dell'interno sito costruttivo, garantendo così un monitoraggio e una gestione affidabile del SAL.”

Il sistema digitale del cantiere ipotizzato permetterebbe indubbi vantaggi, sia in termini di risparmio di tempo sia di costi. Inoltre, garantirebbe una maggiore affidabilità data dalla certezza sulla durata e la buona riuscita delle attività con una notevole diminuzione dei margini di errore. L'obiettivo del modello illustrato sarebbe quindi quello di garantire una connessione tra ogni elemento del cantiere, andando così a ricreare un gemello digitale dell'interno sito costruttivo, garantendo così un monitoraggio e una gestione affidabili dello stato avanzamento. Inoltre, come si può notare, tale modello utilizza strumenti non eccessivamente complessi e già in mercato, anche se alcuni non sono ancora mai stati applicati all'ambito delle costruzioni. Questa scelta non è casuale, ma ricade sempre nell'obiettivo di contenere i costi.

Nello svolgimento di un'analisi SWOT sull'argomento si possono classificare come:

- Punti di forza: incremento di sicurezza nel sito costruttivo, di accuratezza e capacità di monitoraggio dei progressi, di attività di interazione con gli operatori e della qualità della gestione dei macchinari. Riduzione di tempi di esecuzione, di spreco di materiale e di errore umano.
- Punti di debolezza: costi degli strumenti tecnologici, della formazione del personale, della creazione dell'Automatic Storage Room, della manutenzione digitale. Rischio di errori informatici nel centro di controllo.
- Opportunità: possibilità di controllo da remoto, siti costruttivi automatizzati senza la presenza umana e il controllo manuale solo funzionale.
- Difficoltà: convincere i possibili acquirenti dell'affidabilità delle macchine e il rischio che i robot sostituiscano gli operatori nelle lavorazioni.

// REFERENCES

- [1] Stolton, S. (2019). Construction: The least digitised sector in Europe. www.euractiv.com
- [2] Heller, C. (2022). 5 Ways to Master a Construction Work-in-Progress Report. www.viewpoint.com
- [3] Redazione Tecnica BibLus. (2022). Tipi di errori di progettazione e responsabilità. biblus.acca.it
- [4] Mussi, G. (2021). Trasformazione digitale: cosa possono fare le nuove tecnologie per il mondo delle costruzioni? www.infobuild.it
- [5] Zamponi, E. (2021). Cantiere digitale 4.0. Gestire il cantiere nel 2023. www.mela.work
- [6] Redazione Namirial Building in Cloud. (2021). Cos'è il digital twin (gemello digitale)? buildingincloud.net
- [7] Redazione Tecnica BibLus. (2022). Droni in edilizia: i 6 principali usi. biblus.acca.it
- [8] Redazione xyz reality. (2022). Millimeter accurate augmented reality for construction. www.xyzreality.com

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

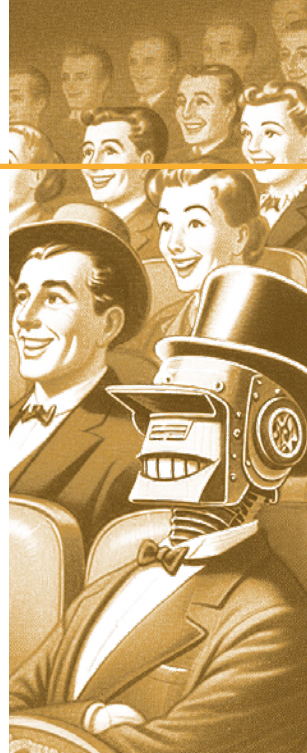
// Tesi

// Hackathon



//18

**Robot dove
non ti aspetti:
soccorritori,
astronauti
e agricoltori**



Federico Campanini



// ABSTRACT

Lo sviluppo dell'automazione nel settore delle costruzioni è ostacolato da un'inerzia dello stesso a recepire le innovazioni. I motivi sono vari, ma nel caso di robot e sistemi autonomi uno possibile è legato al fatto che queste tecnologie nascono per essere impiegate in luoghi protetti, confinati e controllati; niente di più lontano da ciò che avviene in un qualsiasi cantiere. Esistono, inoltre, ruoli che nell'immaginario comune sono fortemente legati alle abilità umane. Eppure, per alcuni di questi si stanno già adottando macchine in grado di collaborare con l'uomo, o di sostituirlo, quando necessario. Di seguito sono presentati tre esempi tali da lasciare immaginare al lettore se e come si possa automatizzare anche il settore edilizio.

// ARTICOLO

L'utilizzo di sistemi autonomi si sta diffondendo in diversi settori produttivi grazie al crescente sviluppo di algoritmi intelligenti e robotica avanzata^[1]. Robot e bracci meccanici compaiono nelle fabbriche già da tempo, mentre il settore delle costruzioni tarda a integrare questo tipo di tecnologie. Ciò è principalmente dovuto a una latenza storica di questo ambito a innovare. E, in parte, è legato al fatto che i siti di realizzazione delle opere edili sono ambienti sfidanti dal punto di vista della loro forma, delle condizioni meteorologiche e di ostacoli non sempre prevedibili. Tutto questo rende complicata l'adozione di robot.

“A causa degli elevati livelli di rischio al quale sono solitamente sottoposte le squadre di operatori umani, quello della ricerca e soccorso è un ambito attualmente interessato dallo sviluppo di applicazioni robotiche”

Esistono però ambiti di applicazione non ritenuti robotizzabili, ma che stanno riscontrando un'accelerazione del processo di automazione. A causa degli elevati livelli di rischio al quale sono solitamente sottoposte e le squadre di operatori umani, quello della ricerca e soccorso è un ambito attualmente interessato dallo sviluppo di applicazioni robotiche. L'utilizzo di sistemi autonomi può contribuire a esplorare aree difficili da raggiungere o da percorrere, come porzioni di territorio interessate da eventi catastrofici, terremoti, incendi e conflitti bellici, o aree particolarmente remote. Le soluzioni applicabili variano a seconda del compito da svolgere e delle caratteristiche ambientali, in generale è possibile distinguere tra sistemi completamente autonomi, semi-autonomi e sistemi teleoperati^[2]. La caratteristica dei primi è la capacità di prendere decisioni senza la necessità della supervisione di un operatore umano. Ciò ha innumerevoli vantaggi in termini di rapidità di azione, ma anche implicazioni riguardo al livello di tecnologia da dover implementare e alla responsabilità di scelte e valutazioni che divengono particolarmente delicate laddove si abbia a che fare con vite umane e territori compromessi. Per operare in simili contesti, infatti, solitamente si opta per un controllo da remoto.

In operazioni di ricerca i robot possono adottare processi collaborativi agendo tra loro in gruppi, per esempio in sciami di droni, utili alla ricognizione di una certa area dall'alto^[3], ma anche in diverse altre configurazioni^[4], come quella composta da veicoli aerei e squadre di terra composte sia da uomini, sia da altri robot. Le principali sfide nella realizzazione di queste tecnologie riguardano la capacità di comprensione dello spazio e la navigazione. A meno di optare per sistemi teleoperati, sono necessari elevati livelli di autonomia dal momento che l'ambiente operativo può spesso essere poco prevedibile e quindi non associabile a modelli prestabiliti. Per operare in situazioni di emergenza, i robot devono essere in grado di muoversi agilmente in

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

terreni accidentati e in presenza di ostacoli. Ciò non è banale ed esistono diversi filoni di ricerca volti a indagare sistemi versatili e riconfigurabili a seconda del tipo di superficie da percorrere^[5].

Ambienti difficili da raggiungere o nei quali operare sono anche quelli ai quali puntano le esplorazioni spaziali. Un ambito che forse più di tutti punta a superare i limiti umani e per il quale, di conseguenza, l'utilizzo di robot è ampiamente auspicato. Prima dell'uomo, infatti, svariate tipologie di sistemi autonomi sono state proiettate nello spazio alla ricerca di informazioni e dati utili a valutare le condizioni nelle quali avrebbero dovuto operare gli equipaggi^[6].

Oggi, con l'evoluzione delle tecnologie tali da permettere elevati livelli di abilità, navigazione, manipolazione, autonomia ed elaborazione computazionale, risulta più vantaggioso investire nello sviluppo di soluzioni robotiche, più che nell'addestramento di equipaggi – soprattutto per particolari applicazioni. Le esplorazioni spaziali, infatti, coinvolgono operazioni come manutenzione di satelliti, rifornimento di veicoli, rimozione di rifiuti in orbita e costruzione e manutenzione di altre grandi infrastrutture orbitali^[7]. Tradizionalmente, le principali operazioni di servizio sono state svolte sull'orbita terrestre bassa tramite attività extraveicolari. Dato il crescente numero di attrezzature strategicamente localizzate oltre l'orbita bassa, per esempio in orbita geostazionaria terrestre, questo tipo di operazioni comporta rischi elevati per gli operatori umani, a causa della maggiore esposizione a radiazioni^[8]. Per compiti che potrebbero risultare eccessivamente rischiosi, le attività di manutenzione in orbita vengono svolte con veicoli spaziali autonomi dotati di manipolatori robotici^[7]. Si pensi, ad esempio, alla rimozione di detriti, processo che richiede elevati livelli di automazione e sul quale le agenzie spaziali stanno investendo^[9].

Progettare un manipolatore robotico da adottare in orbita, rispetto a uno 'terrestre', comporta una particolare attenzione in merito alla necessità di minimizzare massa e volume, garantire versatilità e riconfigurabilità per poter svolgere operazioni differenti e la capacità di prevenire collisioni. La sfida principale, tuttavia, consiste nel dover progettare sulla Terra un oggetto che non appena si allontanerà dall'atmosfera modificherà comportamento e parametri, i quali, se non ben misurati, potrebbero portare a errori significativi, con relativi rischi per il corretto completamento della missione. Va tenuto a mente che non per forza un oggetto progettato per fluttuare nello spazio è anche stabile sotto il proprio peso in condizioni terrestri. Per questo motivo, numerose ricerche si concentrano sulla determinazione di

“C'è una cosa che i robot non possono fare bene quanto gli uomini: raccogliere fragole”

metodologie e strutture per la sperimentazione in scenari con condizioni al contorno il più possibile simili a quelle caratteristiche del futuro ambiente di operatività, ad esempio a gravità zero^[7].

«C'è una cosa che i robot non possono fare bene quanto gli uomini: raccogliere fragole», questo riporta un articolo del World Economic Forum nel 2018^[10]. L'autore sostiene come, nonostante la prodigiosa capacità di raccolta dei sistemi autonomi, le squadre umane fossero imbattibili in quanto a precisione ed efficienza. I pochi anni trascorsi hanno permesso all'ingegneria robotica di fare grandi passi in avanti: è stato presentato – e premiato – al Consumer Electronics Show 2023 di Las Vegas un sistema in grado non solo di raccogliere ortaggi con maggiore accuratezza, ma anche di occuparsi della valutazione dello stato di maturazione e del riconoscimento di possibili malattie della coltura, fornendo un ulteriore supporto ad agronomi e coltivatori^[11]. Oggi, infatti, l'automazione in agricoltura non interessa soltanto la fase di raccolta, ma è strategica per efficientare la gestione delle coltivazioni. Questo può essere fatto grazie allo sviluppo di algoritmi per l'elaborazione di immagini sempre più sofisticati, i quali, oltre a fornire accurate informazioni sulla qualità e la quantità di prodotti raccolti^[12], sono anche in grado di riconoscere eventuali parassiti o altre anomalie della pianta e su ortaggi, frutti e foglie^[13]. Tali informazioni, messe a sistema con altri dati ambientali, del terreno o del clima, consentono di compiere valutazioni sulla resa di una determinata area e di impostare una più efficace somministrazione di acqua, concimi e fitofarmaci, anche in modo automatico.

Uno dei principali vantaggi che l'automazione apporta in agricoltura consiste nella possibilità di operare sostanzialmente senza interruzioni – compatibilmente con l'autonomia energetica immagazzinabile. Nonostante ciò, rimangono alcune questioni da indagare e che la ricerca intende risolvere. Alcuni problemi sono legati alla variabilità delle condizioni di luce: l'alternanza tra il giorno e la notte, così come le condizioni meteorologiche. Questo potrebbe compromettere l'efficacia degli algoritmi di riconoscimento. Inoltre, anche in questo caso, uno dei principali aspetti da considerare riguarda la deambulazione della macchina su superfici non pavimentate e irregolari. A questo proposito, per facilitare il percorso dei robot è possibile agire sul layout della coltivazione. Questo comporta la riorganizzazione della struttura del campo, il che può costituire una barriera all'adozione della nuova tecnologia da parte degli agricoltori. Sarebbe opportuno individuare un compromesso tra un sistema che permetta la raccolta efficiente

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“Gli esempi descritti mostrano come alcuni settori siano ormai avanti nell’adozione di simili tecnologie, cosa che sta portando le aziende a investire in robot capaci di operare in nuovi contesti, anche al di fuori degli stabilimenti produttivi,,

da parte del robot e un layout in grado di massimizzare il raccolto stesso. In alternativa, è possibile lavorare sulla macchina: il robot proposto da AGRIST^[11], per esempio, si muove fluttuando appeso a un cavo d’acciaio, minimizzando gli interventi necessari. La tecnologia proposta da TEVEL^[14], invece mette insieme un robot di terra dotato di contenitore e in grado di spostarsi sul terreno, con una serie di droni in grado di spostarsi lungo i rami delle colture e ai quali è affidato il compito di scansionare le piante per monitorarne lo stato e raccoglierne i frutti.

Gli esempi descritti mostrano come alcuni settori siano ormai avanti nell’adozione di simili tecnologie, cosa che sta portando le aziende a investire in robot capaci di operare in nuovi contesti, anche al di fuori degli stabilimenti produttivi. L’automazione, sin dalle prime applicazioni, pone interrogativi e perplessità in merito al valore e alla qualità della macchina rispetto alla mano dell’uomo, ma, nel pratico, ciò che preoccupa maggiormente è la previsione di un progressivo taglio di posti di lavoro. Oggi i robot riescono a raccogliere le fragole, ma ancora non riescono a realizzare le strade che percorriamo e le case che abitiamo. Tra le numerose opportunità che l’automazione offre, il reale vantaggio risiede nel poter risparmiare a operai e lavoratori compiti eccessivamente rischiosi, usuranti e ripetitivi. La speranza è che anche il settore delle costruzioni possa presto raggiungere un adeguato livello di innovazione.

Robot e macchine dovrebbero subentrare all’uomo soltanto laddove questa sostituzione sia ritenuta vantaggiosa, ricorrendo, ove possibile, alla robotica collaborativa, così da permettere a uomini e macchine di cooperare in sicurezza, incrementando la produttività ed esprimendo ciascuno le proprie peculiarità.

// REFERENCES

- [1] Macrorie, R., et al. (2021). Robotics and automation in the city: a research agenda. *Urban Geography*, 42(2), 197–217.
- [2] Chitikena, H., et al. (2023). Robotics in Search and Rescue (SAR) Operations: An Ethical and Design Perspective Framework for Response Phase. *Applied Sciences* 2023, Vol. 13, Page 1800, 13(3).
- [3] Arnold, R. D., et al. (2018). Search and rescue with autonomous flying robots through behavior-based cooperative intelligence. *Journal of International Humanitarian Action* 2018 3:1, 3(1), 1–18.
- [4] Queralta, J. P., et al. (2020). Collaborative multi-robot search and rescue: Planning, coordination, perception, and active vision. *IEEE Access*, 8, 191617–191643.
- [5] Shi, Y., et al. (2023). Design and Analysis of a Wheel-Leg Hybrid Robot with Passive Transformable Wheels. *Symmetry* 2023, Vol. 15, Page 800, 15(4), 800.
- [6] Gao, Y., Chien, S. (2017). Review on space robotics: Toward top-level science through space exploration. *Science Robotics*, 2(7), 28.
- [7] Papadopoulos, E., et al. (2021). Robotic Manipulation and Capture in Space: A Survey. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 686723.
- [8] Chancellor, J. C., et al. (2014). Space Radiation: The Number One Risk to Astronaut Health beyond Low Earth Orbit. *Life* 2014, Vol. 4, Pages 491-510, 4(3), 491–510.
- [9] Hubert Delisle, M., et al. (2023). Hybrid-Compliant System for Soft Capture of Uncooperative Space Debris. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(13), 7968.
- [10] World Economic Forum. (2023). Robots can't pick strawberries as well as humans – yet. *World Economic Forum*.
- [11] Automatic harvesting robot seeks to solve japan's labor shortage problem. (2021). www.designboom.com
- [12] Hobbs, J., et al. (2021). Broad Dataset and Methods for Counting and Localization of On-Ear Corn Kernels. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 627009.
- [13] Boatswain Jacques, A.A., et al. (2021). Towards a Machine Vision-Based Yield Monitor for the Counting and Quality Mapping of Shallots. *Frontiers in Robotics and AI*, 8, 627067.
- [14] Technology – Tevel. (n.d.). www.tevel-tech.com

//19

Esperienze di crisis management nella sicurezza in cantiere



Valentina Costa
Ginevra Testa
Rebecca Carrea



// ABSTRACT

L'elaborato si focalizza sulla digitalizzazione nel settore delle costruzioni, con particolare attenzione nei confronti dei problemi di sicurezza in cantiere. Gli strumenti digitali, riducendo l'incertezza nel processo di costruzione, possono favorire il superamento di simili criticità. Queste tecnologie si concentrano principalmente sulla raccolta di dati, sul monitoraggio ambientale e sulla modellazione digitale che, insieme a un maggiore coinvolgimento dei lavoratori, consentirebbero di raggiungere maggiori livelli di sicurezza, come dimostrato in occasione della pandemia di COVID-19. Si propone un framework che integri tecnologie esistenti per prevedere e prevenire incidenti, coinvolgendo tutte le parti interessate e mirando a creare database condivisi per la gestione della sicurezza.

// ARTICOLO

Se si guarda al settore delle costruzioni, è possibile rilevare come la digitalizzazione dei processi riguardi la progettazione ancora prima che le fasi di realizzazione. Pur rappresentando uno dei comparti economici più rilevanti, l'impiego di tecnologie ha stentato a trovare la propria strada in questo ambito^[1]. Ciò ha costituito un elemento di particolare criticità anche in termini di sicurezza delle persone^[2]. Non deve dunque stupire come il primo approccio sia stato quello di indagare come l'utilizzo di sistemi di progettazione digitale potesse apportare valore aggiunto in termini di aumento di controllo e sicurezza delle dinamiche di cantiere^[3].

In questa direzione, l'uso di strumenti quali 4D Computer-Aided Design (CAD), Geographic Information System (GIS) e Building Information Modeling (BIM) consente di ridurre parte dell'aleatorietà e delle incertezze che il processo di costruzione porta con sé. Si tratta tuttavia solo del primo passo per il miglioramento delle condizioni di lavoro per chi opera in tale settore, sottoposto non solo a un alto tasso di infortuni, ma anche a una maggiore incidenza di malattie professionali^[4]. Anche per far fronte a tale emergenza, molteplici sono le tecnologie che oggi stanno progressivamente permeando l'ambiente del cantiere, con tassi di diffusione ed efficacia differenziale in ragione delle dimensioni e della complessità del progetto in questione^[5].

In particolare, è possibile rilevare come tali tecnologie siano riconducibili prevalentemente a due famiglie: sensoristica, per la raccolta di dati, il rilevamento di condizioni ambientali e il monitoraggio delle lavorazioni, e strumenti di modellazione parametrica e digitale, per l'elaborazione di scenari previsionali e preventivi. In questo senso, perché tali strumenti possano avere un impatto significativo sulla sicurezza all'interno del cantiere, appare evidente come debbano attivamente coinvolgere la variabile più rilevante: i lavoratori. Le misure di crisis management e communication risultano dunque essenziali nell'engagement dei soggetti coinvolti^[6]. La sfida per chi gestisce il cantiere è di prendere decisioni informate sulle azioni da implementare per mettere in sicurezza il cantiere stesso, ma anche di definire procedure e protocolli chiari ed accessibili per tutti coloro che vi operano^[7]. Si tratta di un'emergenza che si è palesata in maniera chiara e urgente allo scoppio della pandemia da COVID-19^[8] e destinata a rendersi sempre più necessaria all'aumentare della complessità dei progetti.

Il presente contributo si pone l'obiettivo di proporre una metodologia di lavoro, un framework che mette a

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“Concentrando l’attenzione sul tema della gestione del rischio, si può rilevare come essa giochi un ruolo centrale nei progetti edilizi, pur essendo ancora scarsamente presente nella ricerca accademica”

sistema le tecnologie ad oggi impiegate all’interno del cantiere (i sensori per la raccolta dati come input per la costruzione di modelli e scenari per la previsione e prevenzione di incidenti futuri), come premessa per l’elaborazione di protocolli efficaci in grado di comunicare con gli operatori coinvolti, superando eventuali difficoltà derivanti dalla presenza di diverse culture, lingue e professionalità^[9]. Finalità ultima sarà poi quella di traguardare la predisposizione di database condivisi, tali da capitalizzare la formulazione dei protocolli all’interno del più ampio ecosistema delle aziende del settore, a supporto anche delle piccole e medie imprese, prive delle adeguate strutture e conoscenze per implementare in proprio procedure dedicate e formalizzate.

Concentrando l’attenzione sul tema della gestione del rischio, si può rilevare come essa giochi un ruolo centrale nei progetti edilizi, pur essendo ancora scarsamente presente nella ricerca accademica. Nel settore delle costruzioni, la linea di demarcazione tra rischio e crisi è molto sottile e, pertanto, alcuni approcci alla gestione del rischio possono essere implementati anche al fine di gestire crisi che si possono presentare^[10]. Tra le crisi che possono interessare maggiormente il settore delle costruzioni possono essere annoverate difficoltà finanziarie, questioni legali, rapporti di lavoro conflittuali, difficoltà strutturali, pratiche commerciali, ma soprattutto danni ambientali e problemi significativi sulla sicurezza^[10]. Apparentemente la gestione delle crisi non ha ricevuto adeguato spazio, data la generale inerzia di tale comparto, e limitati sono stati nel tempo gli sforzi organizzativi in questo senso^[10]. La pandemia da COVID-19 e il clima di profonda incertezza che caratterizza il panorama attuale hanno però richiesto alle organizzazioni del settore importanti sforzi per contrastare tale tendenza.

Il frequente verificarsi di incidenti in edilizia^[2] non può essere considerato come un evento inaspettato ma come conseguenza di un rischio non identificato e non valutato correttamente nella fase di pianificazione del progetto^[10]. L’identificazione dei rischi risulta cruciale in quanto consente alle organizzazioni di minimizzare gli effetti delle potenziali crisi o, addirittura, di eliminarle^[11]. Le organizzazioni dovrebbero monitorare costantemente l’ambiente interno ed esterno in cui operano per cogliere eventuali segnali di allarme, che costituiscono informazioni particolarmente preziose e vitali sull’evoluzione futura di potenziali situazioni di crisi^[12]. Quando i top manager non identificano tali segnali o non li valutano correttamente, diventa inevitabile per l’organizzazione scontrarsi con la crisi; in questo senso, oltre all’individuazione dei segnali è importante la creazione di sistemi di allerta, volti all’attuazione di

meccanismi precauzionali. Le organizzazioni devono informare il personale sul potenziale insorgere di una crisi, consentendo una migliore preparazione interna, e devono predisporre un team dedicato volto a gestire e ad arginare tale emergenza^[13]. Questo team deve essere composto da una molteplicità di profili e professionalità al fine di cogliere tutte le criticità che una possibile situazione pericolosa include. Il nucleo centrale di tale team è solitamente piccolo ma può essere allargato da esperti in ambiti specifici e variegati quali sicurezza, qualità e ambiente. La formazione del team di gestione delle crisi dovrebbe prevedere la realizzazione di simulazioni, analisi dei potenziali scenari, nonché una fase di verifica delle strategie ideate attraverso casi concreti^[11].

In particolare, tra le attività di preparazione, Regester^[14] identifica: (i) l'adozione di un approccio positivo alla gestione della crisi; (ii) la creazione di fiducia all'interno dell'organizzazione; (iii) la comprensione delle opportunità emergenti dalla crisi; (iv) la creazione di un team dedicato alla gestione della crisi; (v) l'individuazione dei potenziali tipi di crisi presentabili in un certo contesto; (vi) il miglioramento delle politiche atte a prevenire tali crisi; (vii) lo sviluppo di strategie e tattiche efficaci; (viii) la determinazione delle procedure di controllo dei rischi e (ix) la formulazione di piani e scenari di crisi.

Quest'ultimo aspetto è particolarmente cruciale per ponderare tutte le condizioni che si possono presentare in cantiere al fine di prevedere potenziali situazioni pericolose e implementare procedure tempestive ed efficaci^[15]. Quindi, i fattori che contribuiscono alla sopravvivenza di un'organizzazione, in caso di emergenza, sono^[13]: (a) la capacità di cogliere segnali di allarme in modo tempestivo; (b) lo sviluppo di metodi proattivi per difendersi dalla crisi; (c) il controllo sull'evoluzione della crisi; (d) l'adozione di misure necessarie per il recupero; (e) la registrazione delle lezioni apprese, tramite il superamento della crisi. Queste capacità consentono una migliore mitigazione dei rischi e la costruzione di resilienza organizzativa^[16].

Al verificarsi di una situazione di emergenza, è poi necessario un coordinamento forte volto al trasferimento di informazioni aggiornate in tempo reale, all'interno e all'esterno dell'organizzazione, al fine di garantire uno scambio efficiente di informazioni tra tutti i soggetti coinvolti^[17]. Il mantenimento della comunicazione in un contesto di crisi è una delle principali sfide in quanto la comunicazione tende a collassare facilmente a causa del sovraccarico di informazioni e di messaggi veicolati. Un ambiente caratterizzato dalla mancanza di comunicazione o da una comunicazione incompleta

può portare all'adozione di misure sbagliate e alla generazione di effetti particolarmente dannosi per l'organizzazione^[17]. Diventa essenziale, dunque, l'integrazione e il collegamento delle informazioni, un accesso rapido ai dati, la tempestività e l'aggiornamento continuo delle informazioni da veicolare sia al personale che a tutti gli stakeholders coinvolti. Una trasmissione immediata e affidabile di dati può essere favorita dall'utilizzo di tecnologie quali sensori intelligenti collegati in rete o da ricevitori GPS che possono offrire misurazioni precise, in merito alle zone di pericolo. Appare dunque evidente come l'Industria 4.0, e in particolare l'uso di intelligenza artificiale, machine learning, tecnologia 5G e blockchain, possa fornire un contributo significativo in numerose fasi del processo di gestione del cantiere: dalla raccolta e processamento dei dati alla produzione di simulazioni e scenari fino a una più efficace comunicazione^[18;19]. L'uso di queste nuove tecnologie, l'implementazione di strategie di comunicazione del rischio, il coinvolgimento della comunità e l'utilizzo di reti di fiducia possono contribuire ulteriormente alla diffusione di informazioni in modo tempestivo ed efficace, favorendo una maggiore collaborazione e coesione in situazioni di emergenza^[20].

In questa direzione, risultano essenziali tre aspetti, le cosiddette ironie della gestione delle crisi nei progetti edilizi, ovvero la responsabilità collettiva, la comunicazione e la sensibilità reciproca all'interno dell'organizzazione^[21]. Tali variabili in una situazione di crisi, in ragione dell'alto livello di stress e incertezza, sono i primi aspetti a vacillare. Una ripartizione della responsabilità a livello collettivo nella gestione delle crisi risulta spesso complessa in quanto i soggetti non coinvolti direttamente nella vicenda tendono a percepirla come a loro estranea^[21]. Nonostante i diversi pesi e i diversi ruoli all'interno delle organizzazioni, la collaborazione e la coesione aziendale contribuirebbero a ridurre gli squilibri, agevolando una gestione ottimale delle risorse. Quindi le crisi presentano condizioni che rendono la loro gestione particolarmente complessa e sfidante. In tali contesti si dovrebbe tutelare la conservazione della fiducia all'interno delle organizzazioni, elemento utile ad affrontare al meglio un avvenimento particolarmente avverso. Una crisi dovrebbe essere considerata come un'opportunità per aumentare la coesione interna all'organizzazione, aumentando la sensibilità reciproca e il senso di responsabilità collettiva. Tra il personale non dovrebbero essere svolte solo attività tecniche, strategiche o strutturali ma anche attività comunicative, culturali e psicologiche volte a rafforzare questo senso di fiducia con l'organizzazione di appartenenza. Una gestione efficace di una crisi richiede, quindi, una gam-

ma completa di attività che implicano in prima istanza l'apprendimento e la formazione^[11].

In questo senso, un'adeguata formazione del personale appare essenziale^[9]. Essa dovrebbe essere resa in più lingue, al fine di supportare tutti i lavoratori colpiti da una crisi in modo equo e paritario. La formazione dovrebbe prevedere sia una fase pre-evento che una formazione situ-specifica, al fine di preparare al meglio i lavoratori al compito che dovranno svolgere. Inoltre dovrebbe contribuire a una maggiore consapevolezza da parte del personale, identificando e veicolando scenari con diverse gravità, intensità e impatti^[20]. L'incapacità di fornire una formazione preventiva adeguata rappresenta una delle principali debolezze nelle risposte ai disastri. Per garantire la sicurezza sul luogo di lavoro è importante garantire che i dispositivi di protezione individuale siano appropriati, disponibili e utilizzati correttamente durante lo svolgimento delle diverse mansioni^[20]. Per massimizzare l'efficacia delle misure di prevenzione contro infortuni è importante offrire misure di sicurezza personalizzate per le varie attività e per le diverse tipologie di possibili incidenti^[22]. Un ruolo importante è quello svolto dai supervisori per la sicurezza, che devono valutare l'adeguatezza delle regole e la loro messa in atto, eventualmente avvalendosi di tecnologie quali realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR)^[23]. Queste tecnologie, le quali consentono di monitorare il cantiere da remoto, identificando meglio potenziali rischi ed eventuali situazioni pericolose. La registrazione di immagini e video può fornire la base per il processo di formazione sulla sicurezza da implementare nelle singole organizzazioni. Pertanto, oltre a un rafforzamento e aggiornamento delle leggi in materia, come l' *Accordo Stato-Regioni del 21 dicembre 2011 sui corsi di formazione per lo svolgimento diretto, da parte del datore di lavoro, dei compiti di prevenzione e protezione dei rischi*, è importante investire sulla supervisione, utilizzare campagne di prevenzione, istruzione e formazione del personale^[22]. Il processo di formazione deve essere continuo e deve prevedere aggiornamenti costanti al fine di contenere gli infortuni, le malattie e i decessi tipici del settore delle costruzioni^[20]. Tuttavia, è necessario essere consapevoli di un potenziale limite dell'approccio normativo in quanto la definizione di soglie minime di ore di lavorazione o dei dispositivi di sicurezza obbligatori devono essere supportati anche da una particolare attenzione e coinvolgimento dei soggetti coinvolti^[10].

Una volta superata la crisi è poi importante che l'organizzazione ne valuti gli impatti per poterne trarre insegnamenti utili per il futuro. Dovrebbero essere messe in atto attività di debriefing e di analisi, volte a com-

“Un significativo miglioramento nei confronti del settore delle costruzioni potrebbe essere rappresentato dalla predisposizione di un database generale che sistematizzi e raccolga i protocolli di gestione della sicurezza, elaborati dai vari soggetti, soprattutto a favore delle aziende meno strutturate e di dimensioni minori”

prendere gli errori compiuti e a far emergere potenziali *lessons learnt*^{[11]; [3]}. Pertanto, la gestione delle crisi è un processo dinamico e continuo che comprende azioni proattive e reattive al fine di identificare la crisi, pianificare una risposta, affrontarla e risolverla^[24].

In particolare, va sottolineato come a valle di tale processo, un significativo miglioramento nei confronti del settore delle costruzioni potrebbe essere rappresentato dalla predisposizione di un database generale (da pensare eventualmente su scala nazionale) che sistematizzi e raccolga i protocolli di gestione della sicurezza, elaborati dai vari soggetti, soprattutto a favore delle aziende meno strutturate e di dimensioni minori per cui tale implementazione potrebbe risultare maggiormente critica e costosa.

In questo senso, una standardizzazione della raccolta dati, tramite la predisposizione di adeguati apparati di sensoristica, nonché l'esecuzione di simulazioni e l'elaborazione di scenari previsionali, a supporto della redazione dei protocolli *ad hoc*, consentirebbe di predisporre un framework coerente e omogeneo, premessa essenziale per l'impostazione di un simile database. Una successiva categorizzazione sistematica di lavorazioni, professionalità e rischi connessi, compiuta a partire dalle analisi condotte dalle imprese più organizzate e impegnate in cantieri complessi, potrebbe fornire una tassonomia preziosa anche per chi, nell'ambito di realtà più piccole, si trovi impossibilitato a procedere in maniera analoga. Appare evidente come tale passo potrebbe risultare cruciale in un settore in cui l'innovazione stenta a trovare terreno fertile e una simile operazione di capitalizzazione potrebbe supportare la transizione 4.0 anche con riferimento alle piccole e medie imprese che, soprattutto in Italia, costituiscono ancora oggi l'ossatura di base del sistema AEC.

Tuttavia, si rilevano anche alcune criticità relativamente a questo tipo di approccio sia di carattere tecnologico/operativo che di carattere gestionale. Innanzitutto, l'impiego di sistemi di raccolta dati in tempo reale, alla base di questo framework, richiederebbe in tutti i casi di predisporre di una connettività buona in tutte le zone del cantiere. Condizione che, soprattutto in grandi cantieri di scavo per la costruzione di infrastrutture sotterranee e gallerie può venire a mancare, non consentendo un'agevole condivisione di informazioni. Secondariamente, la preconditione per l'implementazione di un simile sistema è che gran parte dei soggetti operanti in tale settore acconsentano a condividere i propri protocolli interni con soggetti potenzialmente concorrenti. Questo potrebbe risultare particolarmente critico per le grandi aziende, tuttavia data la raccomandazione UE di

demandare una quota parte variabile dei lavori compresa tra il 40-60% a subappaltatori^[25], un simile approccio potrebbe favorire la condivisione di standard e pratiche anche tra le piccole-medie imprese coinvolte. In questo senso, le aziende di grandi dimensioni potrebbero trarne vantaggio, guadagnando maggiore garanzia e controllo dell'operato dei subappaltatori che eseguono operativamente le lavorazioni sotto loro mandato.

Stanti tali limitazioni, appare evidente che un simile approccio sistematico consentirebbe di apprendere e incamerare esperienze maturate in occasioni critiche e di sfruttarle costruttivamente in futuri progetti, capitalizzando un bagaglio condiviso e conseguendo un generale miglioramento degli standard di operatività e sicurezza del settore.



// REFERENCES

- [¹] Hossain, M. A., & Nadeem, A. (2019, May). Towards digitizing the construction industry: State of the art of construction 4.0. In Proceedings of the ISEC (Vol. 10, pp. 1-6).
- [²] Eurostat (2020). Accidents at work. Statistics by economic activity. ec.europa.eu
- [³] Zhou, W., Whyte, J., & Sacks, R. (2012). Construction safety and digital design: A review. *Automation in construction*, 22, 102-111.
- [⁴] Buica, G., Antonov, A. E., Beiu, C., Pasculescu, D., & Remus, D. (2017). Occupational health and safety management in construction sector-the cost of work accidents. *Calitatea*, 18(S1), 35.
- [⁵] Parusheva, S., & Aleksandrova, Y. (2021). Technologies, tools, and resources-driving forces in construction sector digitalization. In 2021 Tenth International Conference on Intelligent Computing and Information Systems (ICICIS) (pp. 219-223). IEEE.
- [⁶] Turner, C. J., Oyekan, J., Stergioulas, L., & Griffin, D. (2020). Utilizing industry 4.0 on the construction site: Challenges and opportunities. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 17(2), 746-756.
- [⁷] Shariatfar, M., Deria, A., & Lee, Y. C. (2022). Digital Twin in Construction Safety and Its Implications for Automated Monitoring and Management. In Construction Research Congress 2022 (pp. 591-600).
- [⁸] Ayat, M., & Kang, C. W. (2023). Effects of the COVID-19 pandemic on the construction sector: A systemized review. *Engineering, construction and architectural management*, 30(2), 734-754.
- [⁹] Iqbal, M., Ahmad, N., Waqas, M., & Abrar, M. (2021). COVID-19 pandemic and construction industry: Impacts, emerging construction safety practices, and proposed crisis management. *Brazilian journal of operations & production management*, 18(2), 1-17.
- [¹⁰] Loosemore, M., & Malouf, N. (2019). Safety training and positive safety attitude formation in the Australian construction industry. *Safety science*, 113, 233-243.
- [¹¹] Gunning, J. G., & Hanna, J. I. C. (2001). The application of risk management principles to crisis management in construction.
- [¹²] Mitroff, I. I. & Pearson, C. M. (1993). *Crisis management*. San Francisco: Jossey-Bass.
- [¹³] Sahin, S., Ulubeyli, S., & Kazaza, A. (2015). Innovative crisis management in construction: Approaches and the process. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 2298-2305.

- ^[14] Regester, M. (1989). *Crisis management*. London: Random House Business Books.
- ^[15] Loosemore M. (2000). *Crisis management in construction projects*. ASCE; 2000.
- ^[16] Sanchez, E.Y.; Acquesta, A.A. CRISIS: A System for Risk Management. *Systems* 2013, 1, 3-26.
- ^[17] Meissner, A., Luckenbach, T., Risse, T., Kirste, T., & Kirchner, H. (2002, June). Design challenges for an integrated disaster management communication and information system. In *The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks (DIREN 2002)* (Vol. 24, pp. 1-7). New York: IEEE.
- ^[18] Schatteman, O., Woodhouse, D. and Terino, J. (2020), *Supply Chain Lessons from COVID-19: Time to Refocus on Resilience*, Bain & Company, Inc., Boston, MA, pp. 1-12.
- ^[19] Frazzon, E.M., Rodriguez, C.M.T., Pereira, M.M. et al. (2019), "Towards supply chain management 4.0", *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, Vol. 16, pp. 180-91.
- ^[20] Öcal, E., Oral, E. L., & Erdis, E. (2006). Crisis management in Turkish construction industry. *Building and Environment*, 41(11), 1498-1503.
- ^[21] Loosemore M (1998) The Three Ironies of Crisis Management in Construction Projects. *International Journal of Project Management*, 16(3), 139-144.
- ^[22] Lim, J., Son, K., Park, C., & Kim, D. (2021). Suggestions for improving South Korea's fall accidents prevention technology in the construction industry: focused on analyzing laws and programs of the United States. *Sustainability*, 13(8), 4254.
- ^[23] Amotz, P.; Rafael, S.; Ronen, B. (2014). Hazard recognition and risk perception in construction. *Saf. Sci.* 2014, 64, 22-31.
- ^[24] Kash TB, Darling JR. (1998). Crisis management: prevention diagnosis and intervention. *Leadership and Organization Development Journal* 1998;19(4):179-86.
- ^[25] Unione Europea (2014). *Direttiva 2014/23/UE del 26 Febbraio 2014 sull'aggiudicazione dei contratti di concessione*.

//20

Business Plan: strumento per valutare l'innovazione vincente



Pietro Berutti



// ABSTRACT

Più dell'80% dei direttori finanziari riducono arbitrariamente il budget dedicato agli investimenti di lungo periodo per raggiungere obiettivi di breve periodo. In questo articolo si cercherà di dare una spiegazione a questo fenomeno, trattando in particolare di come gli strumenti di pianificazione aziendale provino a contrastarlo. Successivamente, questo contributo vuole analizzare i risultati del secondo Hackathon UniWeLab, in cui sei gruppi di studenti si sono sfidati tra loro nel formalizzare un'idea imprenditoriale innovativa per risolvere due problemi, presentati dall'azienda partner dell'evento Webuild, (i) la manutenzione della teste delle Tunnel Boring Machine (TBM) e (ii) il tracking dello stato avanzamento lavori (SAL).

// ARTICOLO

Seguendo il pensiero di Lionel Robbins^[1], l'economia viene definita come la scienza che studia le decisioni di allocazione delle risorse per l'ottenimento di diversi fini alternativi – e questa considerazione valida sia per le analisi macroeconomiche che microeconomiche. La definizione, apparentemente semplice, nasconde sfumature che rendono il processo decisionale per l'allocazione delle risorse molto più complesso. Un esempio è la tendenza a rimandare scelte di rilevanza strategica per il futuro, per raggiungere obiettivi di breve periodo. Questo è solamente il primo dei tanti problemi di cui le aziende devono tener conto quando decidono come allocare le proprie risorse, soprattutto se scarse.

“Il Business Plan deve consentire al redattore l'acquisizione di una visione iniziale, globale e complessiva del progetto cui è riferito, agevolando l'elaborazione di considerazioni più analitiche specifiche e circostanziali.”

Nel panorama economico in evoluzione di oggi, l'innovazione rappresenta uno dei fattori che permette alle imprese di ottenere e mantenere un vantaggio competitivo e, quindi, di portare al successo e alla sopravvivenza dell'azienda. Tuttavia, l'innovazione priva di una guida strategica può facilmente perdersi nell'abisso dell'incertezza e della mancanza di obiettivi chiari. È in questo contesto che emerge l'importanza della pianificazione aziendale, che trova la sua massima espressione nel business plan (BP). Esso permette di razionalizzare ed esplicitare l'idea di business; infatti, durante la redazione del piano si identificano ed evidenziano quali sono i fattori di successo e le possibili criticità del progetto al fine di darne una valutazione. Di seguito verranno analizzati gli elementi chiave del business plan che consentono alle organizzazioni di delineare strategie chiare e obiettivi misurabili. Esistono numerose linee guida per la redazione di un Business Plan, tra le più autorevoli a livello italiano si citano le *Linee Guida alla Redazione del Business Plan* redatte dal Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti ed Esperti Contabili. Le linee guida prevedono che per la redazione del BP sia necessario un insieme di diversi documenti: la descrizione del progetto d'impresa e il team di lavoro; l'analisi del mercato in cui si opera; la formulazione di piani previsionali sull'andamento economico, patrimoniale e finanziario del progetto; i principi utilizzati nella redazione del piano; la valutazione complessiva del progetto e le criticità riscontrate nell'elaborazione del piano. Il BP deve consentire al redattore l'acquisizione di una visione iniziale, globale e complessiva del progetto cui è riferito, agevolando l'elaborazione di considerazioni più analitiche specifiche e circostanziali. Per facilitarne la lettura, il BP viene strutturato in modo da far percepire immediatamente le finalità del documento, consentendo un rapido spostamento tra i paragrafi e raggiungimento delle parti di maggior interesse.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

Il BP assume particolare rilevanza nei progetti con maggiore incertezza, come quelli relativi all'innovazione. Esso possiede una duplice finalità: interna ed esterna^[2]. La finalità interna descrive l'utilizzo del BP come strumento di programmazione e controllo di gestione. Serve per valutare le potenzialità di un progetto innovativo, per le aziende in fase di startup, oppure come supporto alla gestione corrente del business per le aziende già avviate. La finalità esterna si raggiunge in quanto il BP è l'esplicitazione formale di un progetto imprenditoriale, e rappresenta una fonte di comunicazione verso interlocutori esterni, quali autorità e investitori, per l'ottenimento delle autorizzazioni o dei fondi necessari per l'operazione.

Inoltre, le linee guida suggeriscono di utilizzare anche modelli di valutazione e pianificazione strategica quali la SWOT Analysis e il Business Model Canvas. La SWOT Analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats) è un modello di valutazione di un'idea o progetto, ed è fondamentale per la creazione delle strategie. Essa permette di definire ed esplicitare gli aspetti positivi – SO – e quelli negativi – WT – di un progetto. Presa consapevolezza di questi elementi, il team di lavoro identifica e definisce strategie per massimizzare i punti di forza e minimizzare le debolezze. Invece, il Business Model Canvas^[3] è uno strumento di pianificazione strategica che permette di descrivere come un'impresa operi e come questa crei, distribuisca e catturi il valore. All'interno del modello vi sono nove sezioni, ciascuna inerente a un aspetto diverso.

Successivamente, attraverso un'analisi circoscritta, in letteratura sono emerse alcune considerazioni specifiche per la pianificazione delle imprese operanti nel settore dell'AEC (Architecture, Engineering e Construction).

- Gestione per progetti: a differenza delle imprese manifatturiere o di servizi che operano in continuità, le imprese dell'AEC lavorano principalmente per progetti, vincitori di gare o bandi e che successivamente vengono portati a termine. La pianificazione delle attività e delle risorse necessarie per completare i progetti dipende quindi in larga parte dalla previsione di contratti^[4].
- Non solo obiettivi economici, ma anche reputazione e creazione di skill; le imprese AEC perseguono anche obiettivi di reputazione (qualità, tempo e budget) e di creazione di capacità all'interno dell'azienda. La reputazione viene vista come vantaggio competitivo da mantenere per vincere nuovi bandi e concorsi, mentre skill come il project management, la pianificazione e il controllo permettono di portare a termine i progetti con successo^[4].

- Come in altri comparti industriali, anche nel settore AEC negli ultimi anni si è riscontrata una tendenza a offrire servizi accessori al progetto principale, ad esempio assistenza per l'ottenimento dei finanziamenti, dei permessi, o accordi di manutenzione dell'opera^[4,5].

“Il processo innovativo dovrebbe essere guidato dal trovare la soluzione a un problema riscontrato e non viceversa”

L'innovazione rappresenta un aspetto fondamentale per le aziende che vogliono imporsi come leader di un settore, e che vogliono ottenere o mantenere un vantaggio competitivo sui concorrenti. Tuttavia, c'è spesso confusione sul tema poiché si pensa che qualsiasi nuova idea o nuovo prodotto possa portare risultati utili per l'azienda. Infatti, bisogna ricordarsi la differenza tra invenzione (nuovo prodotto o nuovo metodo) e innovazione, cioè l'applicazione commerciale di un'invenzione di successo. Il processo innovativo dovrebbe essere guidato dal trovare la soluzione a un problema riscontrato e non viceversa^[6]. Avendo questo come punto di partenza, si sono quindi cercate le criticità principali che colpiscono il settore dell'AEC: (i) la robotizzazione delle lavorazioni pericolose per gli operatori e (ii) l'automazione di lavorazioni ripetute. Questi sono stati i temi ricercati e dibattuti all'interno di UniWeLab, il laboratorio di ricerca congiunto tra l'Università di Genova e Webuild.

Successivamente, per dare un riscontro pratico al lavoro fatto, UniWeLab ha organizzato un Hackathon, un evento della durata di due giorni, in cui l'azienda ha dato l'opportunità agli studenti della scuola Politecnica dell'Università di cimentarsi in una sfida per risolvere i problemi che attualmente affliggono l'AEC riguardo il tema della digitalizzazione. All'evento hanno partecipato un totale di sei team di studenti che assumevano il ruolo di ipotetiche startup. A ogni team è stato assegnato un problema da risolvere: la robotizzazione delle manutenzione e verifica dell'usura della testa delle frese meccaniche oppure il monitoraggio continuativo e automatizzato dello stato avanzamento lavori (SAL). Ai partecipanti è stato chiesto di esporre le proprie soluzioni seguendo lo schema dell'Elevator Pitch, ovvero un metodo di presentazione della propria idea in modo rapido e convincente. L'origine del nome deriva dal fatto che si dovrebbe riuscire a convincere l'interlocutore nel tempo di una corsa di ascensore.

A emergere come vincitore della competizione è stato un team composto da due studenti di Ingegneria robotica e uno di Ingegneria civile che si sono occupati dell'innovazione nel tracking SAL. Attualmente questo è un processo time-consuming e labour intensive che non porta valore aggiunto al progetto, ma è considerato più come una pratica burocratica da svolgere per l'ot-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

tenimento dei fondi. I direttori dei cantieri trascorrono molto del proprio tempo ad aggiornare il piano per creare report da presentare alla direzione, tempo che potrebbero impiegare in altre attività a maggior impatto per la buona riuscita del progetto. Inoltre, le informazioni spesso vengono trasmesse in modo non accurato creando inefficienze di tempo e di costi. Il problema è ben noto all'industria delle costruzioni, e lo stato dell'arte prevede diverse tecnologie per l'assistenza nella compilazione del piano SAL, come la costruzione di modelli digitali informatizzati, sensori statici e rilevamenti laser. Tuttavia, queste soluzioni hanno ancora una bassa adozione e viaggiano su sistemi a sé stanti, creando così una moltitudine di fonti da consultare, generando confusione.

La soluzione vincitrice prevede di creare un ecosistema digitale in grado di integrare all'interno del cantiere diversi livelli di tecnologia, capaci di dialogare tra loro e verificare in un ambiente virtuale lo stato di avanzamento lavori. Rispetto alla concorrenza, questo gruppo è riuscito a comunicare meglio la situazione attuale portando inoltre degli esempi concreti delle tecnologie che utilizzerebbero e da chi si rifornirebbero. Infatti, le tecnologie previste sono in larga parte già disponibili sul mercato, e basterebbe farle dialogare tra loro. Questo rende il progetto interessante, in quanto si prevedono costi di investimento contenuti (principalmente costi interni di sviluppo e di formazione del personale) e grandi benefici. Si auspica che questo Hackathon possa fornire buoni spunti all'azienda per provare approcci innovativi per la risoluzione dei propri problemi.

“La squadra vincitrice è riuscita a massimizzare il valore creato dalle scarse risorse a sua disposizione”

In conclusione, si evidenziano gli elementi da considerare quando ci si avvicina alla redazione di un BP:

- Il ruolo della previsione non è indovinare cosa succederà nel futuro, piuttosto serve a fornire un range di scenari verificabili ed escludere quelli improbabili^[8].
- L'importanza della comunicazione: una buona idea deve essere sempre sostenuta da una comunicazione efficiente. Gli studenti hanno dovuto pensare in pochissimo tempo a soluzioni per problemi complessi, e hanno avuto ancora meno tempo a disposizione per convincere la giuria che la loro idea fosse quella vincente. La squadra vincitrice è riuscita a massimizzare il valore creato dalle scarse risorse a sua disposizione.
- Per quanto sia giusto che l'innovazione sia guidata da un processo creativo e di ragionamento fuori dagli schemi, questi devono necessariamente essere accompagnati da pianificazione, ragionamento critico e valutazione oggettiva se si vogliono aumentare le probabilità di successo di un progetto.

// REFERENCES

- [¹] Robbins, L. (1935). An Essay on the Nature and Significance of Economic Science.
- [²] Consiglio Nazionale dei Dottori Commercialisti e degli Esperti Contabili. (2021). Linee Guida alla Redazione del Business Plan.
- [³] Qastharin, A.R. (2018). Business Model Canvas for Social Enterprise. Sch. Bus. Manag.
- [⁴] Tatum, C. B. (1987). Business planning for design and construction firms. J. Manage. Eng., 3(2), 117–126.
- [⁵] Ingram, K. (2022). Construction & Engineering Industry Predictions. blog.ifs.com
- [⁶] Price C, Meyers AD. (2006). The 12-step innovation roadmap: how to analyze and prioritize new business ideas. Physician Exec. 2006 Mar-Apr; 32(2):52-5. PMID: 16615405.
- [⁷] Gaffey, A. (2014). The Elevator Pitch: How to craft a successful five-minute elevator pitch and why having one is important.
- [⁸] Lilien G., Rangaswamy A., De Bruyn A. (2017). Principles of Marketing Analytics and Engineering.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon



//21

Dal progetto al cantiere: un trasferimento tecnologico in atto



Mateusz Pietrowski



// ABSTRACT

La digitalizzazione nel settore delle costruzioni ha rivoluzionato le pratiche tradizionali, introducendo calcolatori e software avanzati. Sebbene abbiano apportato miglioramenti significativi, sfide come la conformità normativa, la resistenza al cambiamento e i costi iniziali hanno rallentato l'adozione diffusa. L'adozione di standard globali, come quelli proposti da GS1, potrebbe facilitare la tracciabilità dei materiali e migliorare la comunicazione tra le parti interessate. Tuttavia, l'integrazione di tecnologie come la stampa 3D e l'automazione richiede una pianificazione attenta e la cooperazione tra uomini e macchine. In ultima analisi, la tecnologia deve servire l'uomo e non sostituirlo, richiedendo competenze e consapevolezza per un uso efficace e sicuro.

// ARTICOLO

“Il processo di digitalizzazione ha generato profondi impatti su tutti gli aspetti del settore, dalla progettazione all’esecuzione, dalla manutenzione all’ottimizzazione delle infrastrutture”

Negli ultimi decenni, il settore delle costruzioni ha subito una profonda trasformazione grazie all’adozione sempre più diffusa delle tecnologie digitali. Quello che un tempo rappresentava un contesto caratterizzato da processi manuali e disegni su carta, sta rapidamente evolvendo in un ambito in cui i dati digitali, i modelli tridimensionali e le soluzioni avanzate stanno ridefinendo i paradigmi della progettazione, realizzazione e gestione delle infrastrutture. Il processo di digitalizzazione ha generato profondi impatti su tutti gli aspetti del settore, dalla progettazione all’esecuzione, dalla manutenzione all’ottimizzazione delle infrastrutture.

Il primo passo della digitalizzazione nel settore delle costruzioni risale agli anni Sessanta e Settanta del secolo scorso. Questo è il periodo in cui iniziarono a emergere le prime tecnologie e i primi strumenti elettronici che cambiarono gradualmente il modo in cui vengono affrontati i progetti edili. Sebbene fossero dispositivi rudimentali rispetto agli standard odierni, questi strumenti hanno consentito agli ingegneri di eseguire calcoli più complessi in modo più rapido ed efficiente rispetto ai metodi manuali e hanno gettato le basi per lo sviluppo successivo dei computer elettronici, compresi quelli che sarebbero stati in futuro utilizzati nell’industria delle costruzioni e in altri settori. Parallelamente sono emersi i primi software di disegno come il Computer-Aided Design (CAD): uno strumento che permetteva agli utenti di progettare e disegnare le tavole tecniche in modo digitale, anziché farlo con mezzi tradizionali^[1]. Insieme nascevano anche i primi software di analisi agli elementi finiti (FEM), che hanno introdotto un nuovo approccio alla progettazione e all’analisi delle strutture. Un esempio lampante può essere rappresentato dal programma SAP2000^[2], nato negli anni Sessanta e che oggi viene ampiamente utilizzato per le analisi strutturali delle costruzioni di ingegneria civile. Verso la fine di quel decennio anche la NASA ha concepito NASTRAN^[3], per aiutare a progettare veicoli spaziali più efficienti come lo Space Shuttle, rilevandosi utile anche ad analizzare il comportamento di strutture elastiche di qualsiasi dimensione, forma o scopo, arrivando perfino alla progettazione di binari ferroviari, automobili, ponti, centrali elettriche, grattacieli e aerei^[4].

Tuttavia, è importante sottolineare che questa fase iniziale della digitalizzazione era limitata a istituzioni accademiche, centri di ricerca e grandi aziende con accesso a computer mainframe costosi. Basti pensare che con la nascita di Ansys^[5] nel 1971 – un altro dei pionieri odierni a base di analisi con gli elementi finiti – al

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

programma serviva una notte intera per processare il risultato di un modello rappresentativo di una costruzione semplice. La diffusione più ampia di strumenti informatici nel settore delle costruzioni si è verificata dal 1980 in poi, quando i computer desktop e i software hanno reso la digitalizzazione raggiungibile anche dai singoli professionisti. Grazie a una maggiore disponibilità di strumenti informatici, si è verificata anche un'ampia diffusione sia di software FEM commerciali, sia dei sistemi di CAD. Nello stesso periodo, l'evoluzione tecnologica ha portato anche allo sviluppo di distanziometri elettronici più accessibili e pratici, consentendo di rendere maggiormente efficiente anche una varietà di applicazioni pratiche. Parallelamente inizia l'impiego di sensoristica per il monitoraggio strutturale di progetti e strutture critiche.

Negli anni Novanta avviene il passaggio all'elettronica avanzata che ha comportato l'evoluzione dei software di calcolo. Il FEM è diventato di uso più ampio e facilmente accessibile e ha continuato a crescere in importanza e adozione, diventando uno strumento standard nell'analisi strutturale e termica. Gli ingegneri lo hanno utilizzato per una vasta gamma di applicazioni, tra cui progettazione di edifici, valutazione di ponti e analisi di carichi sismici^[2]. Il 1990 ha segnato inoltre un incremento della digitalizzazione nel settore topografico, con l'introduzione di stazioni totali digitali. Queste in particolare combinavano teodoliti elettronici con distanziometri laser, consentendo misurazioni più precise, più veloci e una maggiore automazione nell'acquisizione dei dati.

Con gli anni duemila si assiste alla diffusione dei software CAD e nasce una maggiore consapevolezza dell'importanza del monitoraggio delle strutture. Inoltre, per quanto riguarda la toponomastica e il rilevamento, l'utilizzo di strumenti muniti di GPS e tecnologie che utilizzano la scansione laser hanno garantito una sempre maggiore accuratezza e velocità nelle operazioni. La somma di queste due tecnologie consente di catturare dati tridimensionali dettagliati di un'area in modo rapido e preciso. Dopo il 2010 le tecnologie emergenti sono molteplici: grazie ai computer più potenti, l'utilizzo di FEM è ormai una parte fondamentale dell'ingegneria. La sua diffusione ha reso possibile una progettazione più sicura ed efficiente dei fabbricati, contribuendo al progresso dell'industria delle costruzioni, agevolando anche l'ottimizzazione dei materiali. Dal lato della gestione, manutenzione e sorveglianza, oggi i sensori di monitoraggio sono diventati di uso comune e la loro adozione continua a crescere grazie ai benefici che offrono in termini di sicurezza, efficienza e manutenzione delle strutture.

Insieme a droni, realtà aumentata (AR), realtà virtuale (VR), Internet of Things (IoT), è possibile dare un contributo significativo nella valutazione della sicurezza delle strutture, ottimizzare i progetti e prevenire problemi strutturali. Analogamente i software di disegno, che una volta erano molto limitati, permettono la modellazione 3D, con all'interno integrazione di molteplici informazioni, arrivando al concetto del Building Information Modeling e del Digital Twin. Quindi si è passati da un progetto su carta a un modello virtuale contenente informazioni di dettaglio e tematiche, dagli impianti ai costi oppure la pianificazione del cronoprogramma dei lavori. Se al modello vengono integrati anche i sensori di monitoraggio, è possibile avere lo stato di salute di una costruzione in tempo reale⁶¹.

Lo sviluppo di natura informatica e tecnologica ha comportato sfide specifiche nel corso degli anni, generando un rallentamento del progresso digitale nelle costruzioni. Non bisogna mai dimenticare che il suddetto settore è spesso soggetto a regolamentazioni e normative rigorose, il che indubbiamente ha reso e rende più difficile l'adozione di nuove tecnologie, che devono essere inevitabilmente conformi a tali standard. Chiaramente questo comporta una responsabilità professionale, laddove diverse figure devono essere consapevoli delle implicazioni legali della digitalizzazione, e dunque questo può scoraggiare i professionisti a intraprendere determinate azioni. In merito al lato software, infatti, l'adozione di nuove tecnologie digitali richiede formazione e aggiornamento delle competenze da parte degli ingegneri e del personale.

Questo in realtà rappresenta uno dei principali problemi nel mondo edilizio: il cambiamento. Di fatto, il settore delle costruzioni è in continua tensione tra il rinnovamento digitale e la resistenza all'innovazione. In alcuni casi, i professionisti del settore tendono a essere riluttanti ad abbandonare i metodi tradizionali di lavoro a causa di un freno culturale, dove il movente principale è l'abitudine a svolgere determinati processi in un determinato modo, tempo e luogo. In altri termini, alcune mansioni che tendono a essere svolte in modo ciclico, con l'esperienza acquisita nel tempo, inevitabilmente costituiscono un processo consolidato, che risulta efficace, produttivo e soprattutto veloce. Introdurre elementi nuovi, di qualsiasi tipo essi siano, comporta la necessità di configurare una nuova gestione efficace del lavoro, cosa che può costituire una barriera tanto in uno studio tecnico quanto in un cantiere, dal momento che l'adozione di nuove tecnologie a volte richiede un sacrificio e può incontrare resistenza da parte dei professionisti maggiormente inclini ai metodi tradizionali.

“Questo in realtà rappresenta uno dei principali problemi nel mondo edilizio: il cambiamento. Di fatto, il settore delle costruzioni è in continua tensione tra il rinnovamento digitale e la resistenza all'innovazione.”

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

Inoltre, una delle sfide non trascurabili è rappresentata dai costi iniziali. L'adozione di tecnologie digitali implica l'acquisto di hardware e software, la formazione del personale e la gestione e manutenzione delle infrastrutture informatiche. Sono spese che possono essere impegnative per molte aziende, specialmente per quelle di piccole dimensioni, che possono avere risorse finanziarie limitate, non sufficienti per investire in tecnologie digitali avanzate. Questo può generare situazioni di svantaggio, creando un problema nel designare uno standard univoco del settore^[7].

Dall'altro lato, infatti, la digitalizzazione ha portato con sé anche il problema della interoperabilità dei dati. La mancanza di standard globali e della compatibilità tra diversi software e sistemi sono sfide continue. È importante che le informazioni possano fluire senza intoppi tra i professionisti assegnati alle diverse fasi di un progetto, ragione per cui si tende verso l'utilizzo del BIM. Quindi, come è stato detto precedentemente, tutte le informazioni che vengono integrate all'interno del modello tridimensionale, servono anche a facilitare la visione globale della costruzione al fine di migliorare la comunicazione tra diverse figure professionali coinvolte, che spesso e volentieri utilizzano strumenti differenti. Considerata la vasta quantità di dati, tra cui disegni, modelli digitali, dati di progetto e informazioni sui materiali, è necessario valutare il problema della loro sicurezza e protezione. Questo aspetto è divenuto di prioritaria importanza, specialmente come conseguenza della crescente minaccia associata a fughe di informazioni e attacchi informatici.

Il settore delle costruzioni è in costante evoluzione, ma la sua digitalizzazione non procede allo stesso ritmo in ciascuno dei processi che lo costituiscono. Sebbene in ambito progettuale si sia raggiunto un notevole incremento di digitalizzazione, altre fasi cruciali, come la gestione della catena di distribuzione dei materiali, l'organizzazione del cantiere e la realizzazione, presentano ancora grandi margini di miglioramento. Più in generale i rallentamenti derivano dalla necessità di coordinare una vasta gamma di parti interessate, tra cui architetti, ingegneri, appaltatori, subappaltatori, fornitori di materiali e proprietari^[8]. Affrontare queste sfide e promuovere la digitalizzazione in tutte le fasi del settore delle costruzioni è l'obiettivo di GS1, un'organizzazione internazionale leader nello sviluppo e nella promozione di standard globali per l'identificazione, la raccolta e lo scambio di dati nei settori commerciali e industriali^[9]. GS1 ha dimostrato il proprio valore in una vasta gamma di settori, come l'industria alimentare e quella logistica, tuttavia sta ora rivolgendo la sua at-

tenzione alle costruzioni. Uno dei principali contributi di GS1 in merito alla fabbricazione è l'introduzione di standard chiari per l'identificazione dei materiali edili, dei componenti e degli oggetti all'interno dei progetti. Questi riferimenti, come il Global Trade Item Number e l'Electronic Product Code, consentono una migliore tracciabilità dei materiali, una gestione più efficiente delle risorse immagazzinate e una maggiore precisione nella comunicazione tra le parti interessate. La tecnologia di Radio-Frequency Identification offre un quadro informativo sulla posizione e lo stato dei materiali edili lungo la catena di approvvigionamento, all'interno del cantiere e per il loro intero ciclo di vita. Questo concetto può essere usato per l'intero edificio, durante la fase di realizzazione e anche durante il suo utilizzo, comprendendo la manutenzione, la riparazione e infine lo smaltimento dei materiali.

L'esigenza di applicare la standardizzazione e l'interoperabilità al settore edilizio rappresenta il passo decisivo verso un settore pienamente digitale, i cui prodotti in fase di progettazione, costruzione, consegna, gestione e manutenzione siano univocamente identificabili e rintracciabili. Inevitabilmente, quando le informazioni sono facilmente reperibili e confrontabili, la produttività aumenta a tutti i livelli, vengono ridotti gli sprechi e i processi diventano più sostenibili ed efficienti^[9]. Sebbene altri settori abbiano già adottato protocolli standardizzati, non si può dire lo stesso per quello delle costruzioni. Di fatto il tallone d'Achille, in questo caso, è rappresentato dalla fase di realizzazione; dal momento che il cantiere costituisce un luogo estremamente variabile in base a differenti possibili condizioni al contorno, è difficile individuare criteri e metodologie standard, tali da poterne rendere le attività e le lavorazioni completamente digitalizzate e automatizzate. Di conseguenza, nonostante il settore possa ispirarsi ad altre industrie, ad esempio impiegando la stampa tridimensionale per la realizzazione di elementi strutturali, o utilizzando robot per automatizzare compiti specifici, risulta ancora limitata l'applicabilità di simili innovazioni tecnologiche.

“Ciò significa che può essere necessario pensare a un ridisegno del modo in cui viene allestito, gestito e vissuto un cantiere.”

Ciò significa che può essere necessario pensare a un ridisegno del modo in cui viene allestito, gestito e vissuto un cantiere. Tali valutazioni devono essere fatte a partire dal suo concepimento, in fase progettuale. Se si ipotizza di avere un robot programmato a svolgere determinate attività, ciò comporta di dover considerare la necessità di spazi dedicati al suo utilizzo all'interno del sito, compatibilmente con il progresso delle lavorazioni e la sicurezza degli operatori. Infatti, non bisogna mai dimenticare come l'introduzione di robot – e in generale dell'automazione – possa rappresentare un pericolo

se impiegato in concomitanza con altre attività di manodopera: è necessario concepire la tecnologia in modo tale da permettere la piena integrazione e collaborazione tra uomo e macchina.

In conclusione, quindi, le tecnologie digitali negli ultimi anni hanno cambiato molto il settore delle costruzioni. Questo ha reso più facile per gli ingegneri fare calcoli complessi e progettare in modo più preciso. Ma c'è ancora molto da fare per far sì che tutte le parti coinvolte nei progetti di costruzione lavorino insieme in modo più efficiente. Sono necessari standard comuni per identificare e condividere i dati. Fortunatamente ci sono organizzazioni che stanno lavorando su questo, cercando di rendere più semplice per tutti comunicare e collaborare sui progetti. Inoltre, per sfruttare al meglio le nuove tecnologie, dobbiamo anche pensare a come organizzare meglio i cantieri e come in futuro integrare robot e altre macchine nei processi di costruzione. Questo potrebbe rendere il lavoro più sicuro e veloce, ma richiederà anche una pianificazione e un coordinamento attenti, considerando anche che non tutti potrebbero essere entusiasti di adottare queste nuove tecnologie e risultare molto riluttanti a cambiare le proprie abitudini. Inoltre, alcune di queste tecnologie possono essere costose, il che potrebbe rendere difficile per molte aziende investire in esse.

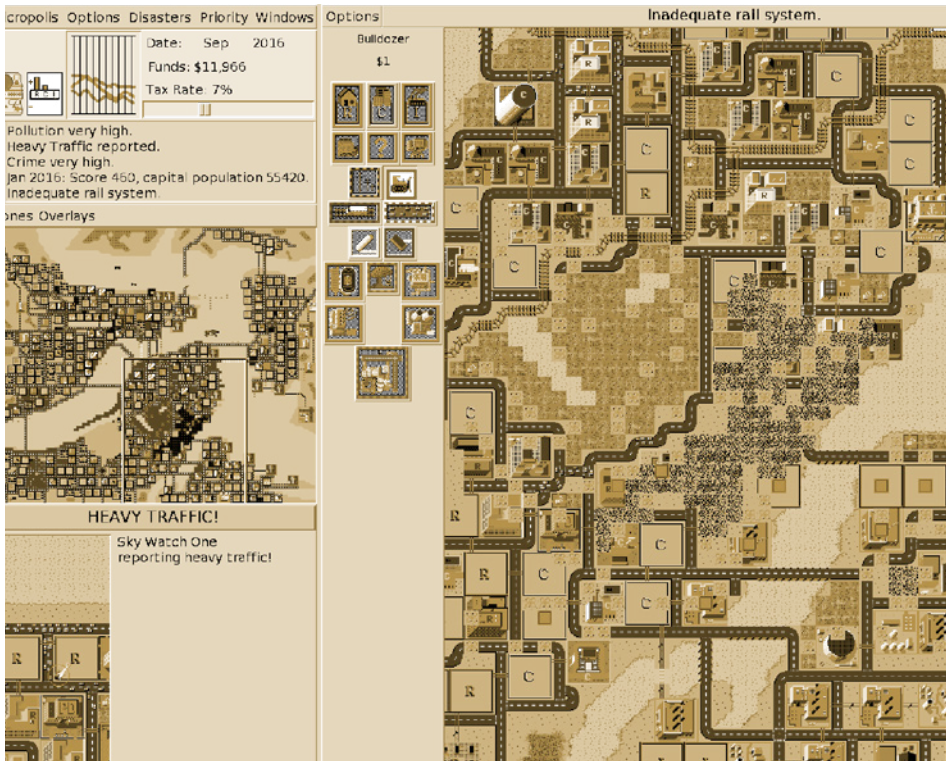
Infine, è importante sottolineare come l'uomo di oggi è estremamente agevolato dalla tecnologia. Ciò non toglie che per usarla al meglio e in piena sicurezza è necessario avere competenze e un ampio bagaglio culturale, perché ricordiamoci: la tecnologia deve aiutare l'uomo, mai sostituirlo.

// REFERENCES

- [1] Soldi, B. (2020). Dal CAD al BIM: l'origine del CAD. www.progetto2000web.com
- [2] Liu, W.K., Li, S., Park, H.S. (2022). Eighty Years of the Finite Element Method: Birth, Evolution, and Future. Boston University.
- [3] Crahmaliuc, R. (2023). 75 Years of the Finite Element Method (FEM). www.simscale.com
- [4] Nastran. www.wikipedia.it
- [5] Mueller, G. (2023). 50 years of ANSYS – the early years: from 1970 to 1994. CADFEM – Journal.
- [6] Nascimbene, R. (2012). Lo sviluppo del software di calcolo: da dove veniamo e dove andiamo? L'analisi dello sviluppo e dell'innovazione nel campo dei software di calcolo dall'inizio ad oggi. www.ingenio-web.it
- [7] Tomasi, B. (2023). Edilizia e digitalizzazione: a che punto siamo. diyandgarden.com
- [8] Calabrese, R. (2023). Edilizia, ecco come la digitalizzazione sta trasformando il settore. www.edilportale.com
- [9] Gli standard GS1 per digitalizzare il settore edile. gs1it.org

// UniWeTalk

// Letteratura



// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

//22

Il futuro delle grandi opere: tra economia circolare e tecnologia



Pietro Berutti
Rebecca Carrea

// ABSTRACT

Attualmente si stima che il settore AEC (Architecture, Engineering and Construction) sia responsabile di più del 35% delle emissioni e dei rifiuti a livello globale. Considerando sia l'ampia vita utile delle infrastrutture e gli ambiziosi obiettivi di sostenibilità, per la costruzione delle prossime infrastrutture si dovrà necessariamente adottare un approccio innovativo, volto a ottimizzare l'efficienza energetica, il consumo di risorse e la riduzione degli sprechi. In questa sfida, i modelli di economia circolare e le innovazioni avranno un ruolo centrale per la decarbonizzazione di un settore 'hard to abate'.



// ARTICOLO

La seconda metà dell'ultimo secolo è stata caratterizzata da una continua crescita economica a livello globale, cosa che ha permesso un generalizzato miglioramento delle condizioni di vita. Tuttavia, a causa degli esistenti modelli di produzione e consumo, dell'inefficiente utilizzo di risorse e di una scarsa attenzione agli aspetti ambientali, la crescita economica è stata accompagnata da un peggioramento di indicatori ambientali quali emissioni di gas serra, acidificazione delle acque, deforestazione, aumento delle temperature, perdita di biodiversità, aumento dei fenomeni metereologici estremi^[1]. Gli studi sull'interazione tra le attività umane e l'ambiente sono molteplici, tanto da aver portato alla coniazione del termine Antropocene per designare l'attuale epoca geologica, in cui è l'attività umana il primo driver del cambiamento dell'ambiente terrestre.

Una prima risposta, miope e non completa, a questo fenomeno potrebbe essere la riduzione delle attività economiche. Tuttavia, bisogna ricordare che in molti Paesi in via di sviluppo le condizioni socioeconomiche sono ancora carenti, tanto che nell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite^[2] sono presenti obiettivi come Fame Zero che fa parte del Sustainable Development Goal 2 (SDG 2), o l'abolizione della schiavitù e dei lavori forzati dell'SDG 8. Una crescita economica sostenuta, soprattutto per gli stati in via di sviluppo, è ancora necessaria. Per trovare quindi un equilibrio tra crescita economica e attenzione all'ambiente e alle condizioni sociali, inizia a prendere forma il concetto di sviluppo sostenibile, definito dal Rapporto Brundtland nel 1987^[3] come modello di sviluppo che permetta la possibilità di raggiungere sia l'equità intragenerazionale che quella intergenerazionale.

Una delle soluzioni per raggiungere uno sviluppo sostenibile è la transizione da economia lineare, in cui si estraggono risorse, si producono beni e si generano rifiuti, a un'economia circolare, dove le risorse vengono utilizzate in modo efficiente e si cerca di riutilizzate o riciclare eventuali rifiuti. Quindi, l'economia circolare pone maggiore attenzione sulla sostenibilità, l'innovazione e la condivisione.

Per raggiungere gli obiettivi di neutralità carbonica previsti dal Green Deal, a livello europeo, la Commissione Europea, nel marzo 2020, ha proposto il primo pacchetto di misure per accelerare la transizione verso un'economia circolare, come annunciato nel Piano d'azione per l'economia circolare. Le proposte includono il potenziamento dei prodotti sostenibili, la responsabilizzazione dei consumatori verso la transizione verde, la

“Una delle soluzioni per raggiungere uno sviluppo sostenibile è la transizione da economia lineare ad un'economia circolare, dove le risorse vengono utilizzate in modo efficiente e si cerca di riutilizzate o riciclare eventuali rifiuti”

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“La circolarità e la sostenibilità devono essere integrate in tutte le fasi della Value Chain per raggiungere un’economia completamente circolare”

revisione del regolamento sui materiali da costruzione e una strategia sui tessili sostenibili^[4].

La circolarità e la sostenibilità devono essere integrate in tutte le fasi della value chain per raggiungere un’economia completamente circolare: dalla progettazione alla produzione, fino al consumatore^[4]. Il piano d’azione della Commissione Europea ha stabilito sette aree chiave, essenziali per raggiungere un’economia circolare: plastica, tessile, rifiuti elettronici, cibo e acqua, imballaggi, batterie e veicoli, edifici e costruzioni.

Soffermandosi sull’industria edile si osserva come questo settore sia responsabile di oltre il 35% dei rifiuti totali dell’UE^[4]. La Commissione ha annunciato la revisione del Regolamento sui prodotti da costruzione per aggiornare le regole in vigore dal 2011.

- Soluzioni abitative ‘naturali’: bioedilizia, case passive, costruzioni con materiali naturali e rinnovabili (legno, canapa, paglia), tetti verdi.
- Uso efficiente delle risorse: approvvigionamento dei materiali da fonti locali, fonti energetiche rinnovabili, riduzione dei materiali vergini per le nuove costruzioni a favore dell’utilizzo delle materie prime seconde derivate dai rifiuti da C&D (costruzioni e demolizioni, come cemento, asfalto, legna, gesso, metalli).
- Efficienza dello spazio abitativo: progettazione degli spazi residenziali con un design modulare e flessibile che permette di adattare lo spazio alle esigenze che cambiano nel tempo.
- Incremento della durabilità delle abitazioni: ristrutturazioni, rioccupazione di edifici sottoutilizzati e in disuso, retrofit di abitazioni esistenti.
- Utilizzo di materiali circolari: uso di materiali a basso contenuto di carbonio, riutilizzo di elementi o parti così da garantire una riduzione di rifiuti.

Secondo l’Agenzia Europea dell’Ambiente è possibile cambiare le sorti del settore dell’edilizia utilizzando nuovi materiali rinnovabili o biodegradabili. Il calcestruzzo autorigenerante, il cemento rinforzato con le fibre di carbonio e i blocchi di cemento prodotti con la stampa 3D sono esempi di prodotti edilizi innovativi progettati per essere già riciclati e in grado di adattarsi nel tempo per far fronte a nuove esigenze.

Se applicate, queste misure sostenibili di circolarità garantirebbero, da qui al 2050, un risparmio ambientale pari a diverse gigatonnellate di emissioni di CO₂ evitate nell’atmosfera^[5]. Nel settore delle costruzioni,

“Applicando i principi dell'economia circolare alla gestione dei materiali da costruzione si stima una possibile riduzione di emissioni fino al 61% nel 2050”

responsabile per due terzi delle emissioni di gas serra connesse alle varie fasi del ciclo di vita delle opere, fra cui la produzione dei materiali impiegati, l'80% delle emissioni è dovuto alla fase di utilizzo degli edifici.

Applicando i principi dell'economia circolare alla gestione dei materiali da costruzione, lungo il loro intero ciclo di vita, si stima una possibile riduzione di emissioni fino al 61% nel 2050 attraverso il miglioramento del loro utilizzo in fase di progettazione, idonee forme di riuso e riciclo alla fine della vita utile degli edifici, l'ottimizzazione degli spazi e della manutenzione degli edifici e delle loro componenti^[7].

Le tecnologie digitali al servizio del settore delle costruzioni, aumentando il livello di informazioni, rappresentano la base per il passaggio all'economia circolare. Queste stanno cambiando radicalmente il modo in cui vengono progettati, costruiti e gestiti edifici e infrastrutture, portando a un miglioramento dell'efficienza, della qualità e della sostenibilità nei progetti. L'adozione di queste tecnologie nel settore AEC può favorire una progettazione e una costruzione più sostenibili, riducendo gli sprechi di materiali e l'impatto ambientale complessivo. Inoltre, promuovere l'adozione dell'economia circolare può avere vantaggi economici a lungo termine, poiché riduce i costi associati all'acquisto di nuovi materiali e alla gestione dei rifiuti. Quella più all'avanguardia al momento è indubbiamente il modello informativo dell'edificio o Building Information Modeling (BIM), ovvero la rappresentazione virtuale delle proprietà fisiche e funzionali di una costruzione reale.

Il BIM ha rivoluzionato il settore dell'AEC poiché consente una progettazione integrata, coinvolgendo le diverse figure professionali lungo l'intero ciclo di vita di un'opera architettonica, in un'ottica di economia circolare 'from cradle to cradle': progettazione, costruzione, funzionamento e dismissione/riuso/riciclo. Attualmente è buona pratica la valutazione degli impatti di un progetto durante tutto l'arco della sua vita utile il Life Cycle Assessment (LCA)^[8]. Questo permette di ridurre il rischio di *impact shifting*, cioè il trasferimento dei problemi ambientali tra le diverse fasi del ciclo di vita^[7]. L'uso del BIM, infatti, offre importanti benefici alle aziende AEC sotto vari punti di vista: crescita aziendale, sostenibilità ambientale, riduzione di errori e rilavorazioni ed efficienza operativa. Con la tecnologia BIM l'edificio viene costruito in un modello virtuale ancor prima di essere realizzato fisicamente. Pertanto è richiesta la collaborazione di tutti gli attori coinvolti al fine di ottenere flussi di lavoro ottimizzati e risultati finali migliori che aumentano la soddisfazione del cliente e aiutano

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

le aziende AEC a posizionarsi più facilmente come leader del settore.

La possibilità di poter collegare numerose informazioni a ciascun oggetto dell'edificio permette di progettare edifici con requisiti prestazionali ad alta efficienza e di ridurre al minimo gli sprechi e il consumo di materiale. Ad esempio, informazioni dettagliate ottenute durante la progettazione dell'edificio possono consentire l'acquisto di quantità di materiali rigorosamente calcolate, evitando così gli sprechi⁵¹. Siccome la tecnologia BIM permette di lavorare su un unico modello dove interagiscono le diverse discipline, allora si riducono rischi ed errori dovuti alle rielaborazioni e si gestisce al meglio il progetto. L'obiettivo della massima efficienza operativa è perseguibile grazie alla multidisciplinarietà del modello BIM che, essendo condiviso, ottimizza la circolazione dei dati e riduce notevolmente i tempi di progettazione. Esso permette di trattare l'edificio come la somma dei suoi strati, dove ogni strato ha una sua funzione e durata. Oltre a estendere la durabilità dell'edificio, consente anche una gestione dell'edificio, riparazioni e modifiche economicamente più efficienti, nonché un alto livello di adattabilità. Inoltre, può contribuire in modo radicale alla semplicità di smontaggio e al recupero ottimale del suo valore economico.

Altre tecnologie informatiche che possono supportare l'edilizia circolare sono la stampa 3D, la realtà aumentata e la realtà virtuale, che consentono verifiche in tempo reale con risparmi di costi e tempi.

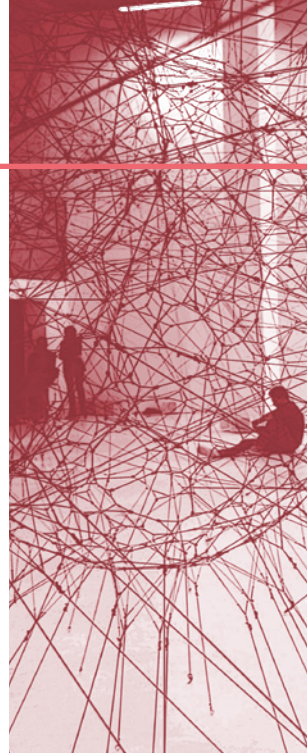
Gli standard di vita odierni garantiscano condizioni di vita migliori trascurando però l'attenzione alla sfera ambientale. Per questo motivo vengono descritte alcune delle soluzioni attualmente disponibili per aumentare la sostenibilità del settore AEC, considerato 'hard to abate'. Molte di queste soluzioni rientrano nei macro-temi dell'economia circolare e della digitalizzazione. Per raggiungere gli obiettivi di sostenibilità è richiesto uno sforzo collaborativo da parte di vari soggetti, ognuno con un ruolo unico da svolgere, anche per il settore dell'AEC. Per questo motivo i governi, i ricercatori, le aziende, i fornitori e i clienti devono collaborare tra loro per promuovere l'efficienza energetica e le best practices in ogni occasione.

// REFERENCES

- ^[1] Global Alliance for Buildings and Construction, International Energy Agency and the United Nations Environment Programme (2019). 2019 global status report for buildings and construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector.
- ^[2] Steffen, W., Broadgate, W., Deutsch, L., Gaffney, O., & Ludwig, C. (2015). The trajectory of the Anthropocene: The Great Acceleration. *The Anthropocene Review*.
- ^[3] UN General Assembly. (2015). Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development.
- ^[4] Parlamento Europeo Attualità (2023). Economia circolare: in che modo l'UE intende realizzarla entro il 2050?
- ^[5] Meloni E. (2021). Economia circolare in edilizia, "Cradle to Cradle" - dalla culla alla culla. Infobuild.it
- ^[6] Brundtland, G.H. (1987). Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development. Geneva, UN-Dokument A/42/427.
- ^[7] Ramboll Group (2023). The Partner for Sustainable Change, Ramboll Annual Report 2022.
- ^[8] Hauschild, M.Z.; Rosenbaum, R.K.; Olsen, S.I. (2018). *Life Cycle Assessment Theory and Practice*; Springer.

//23

Digitalizzare l'impresa: l'approccio all'open innovation



Mirko Minnella
Serena Scelza



// ABSTRACT

Un'impresa si innova per poter sopravvivere nel mercato guadagnando terreno nei confronti dei suoi concorrenti. Tutto ciò si può tradurre in un maggior valore consegnato ai consumatori e, nella migliore delle ipotesi, in un beneficio a vantaggio di tutta la collettività. Nel presente contributo verrà portata avanti la tesi secondo cui l'innovazione dell'impresa sia più efficace nel momento in cui si basi su un concetto di open innovation, tale per cui più soggetti collaborino al fine di sviluppare nuove idee e nuovi prodotti. Un approccio congiunto celerebbe la chiave di volta per uno sviluppo globale più rapido ed efficiente per la società, portando a vantaggi che difficilmente verrebbero raggiunti se le imprese lavorassero da sole senza alcuna condivisione.

// ARTICOLO

All'interno di un'impresa ci sono alcuni processi da tenere particolarmente sotto controllo per avere successo nella soddisfazione del cliente e per conseguire un valore aggiunto per il bene o il servizio offerto; fra questi, uno dei più importanti e strategici in assoluto è quello relativo all'innovazione. Anzitutto, occorre considerare che parlando di innovazione all'interno di un'impresa ne vanno distinte due fasi: l'invenzione, ossia la fase creativa, e lo sfruttamento commerciale. Un'invenzione senza una declinazione commerciale in un mercato potenziale non sarebbe appetibile per un'impresa, in quanto non le permetterebbe di acquisire vantaggio sulla concorrenza né tantomeno di conseguire maggiori profitti. L'innovazione aziendale può assumere principalmente due forme diverse: di prodotto e di processo. La prima riguarda maggiormente l'output fisico offerto al cliente, ed è incorporata nel bene e/o nel servizio offerto. Un esempio è riscontrabile nello sviluppo di auto ibride oppure di nuovi hardware per l'IoT. La seconda riguarda la rivisitazione o l'implementazione all'interno dell'azienda di innovazioni gestionali oppure di innovazioni di produzione o di commercializzazione di un bene. È il cambiamento del modo in cui un'impresa svolge determinate attività o parte di esse. Sovente, l'innovazione di processo si pone a monte dell'erogazione benché poi si declini in una produzione più efficace e più efficiente.

Un aspetto molto importante e che merita di essere menzionato è la simultaneità, perché innovazione di prodotto e di processo sono spesso simultanee e connesse tra loro: un processo nuovo o rinnovato, infatti, può consentire la realizzazione di nuovi prodotti o servizi. Al contrario, talvolta nuovi prodotti possono richiedere e quindi determinare la nascita di nuovi processi. A volte l'innovazione di prodotto portata avanti da un'impresa può condurre a un'innovazione di processo per un'altra, che inserisce tale prodotto nel proprio processo. Per questo motivo le innovazioni di prodotto e di processo sono strettamente collegate e si influenzano tra loro.

Oltre alla distinzione prodotto-processo, l'innovazione sviluppata da una determinata impresa potrebbe avvalersi di una metodologia tradizionale o di una logica più aperta definita open innovation (OI). L'innovazione tradizionale è il modo di innovare usato tipicamente da un solo player che concentra tutti gli sforzi creativi all'interno della sua azienda in modo da evitare il rischio che tale know-how sfugga dalla sfera di controllo dell'impresa stessa. In questo modo l'unico soggetto a trarre il beneficio economico da tale innovazione è lo stesso player in esame.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

“L’approccio open innovation si basa su un modello di innovazione distribuita che punta ad unire gli sforzi creativi e di marketing di più soggetti al fine di conseguire un maggiore valore.”

L’approccio OI, invece, si basa su un modello di innovazione distribuita che punta a unire gli sforzi creativi e di marketing di più soggetti, sia le imprese sia gli enti pubblici oppure gli istituti di ricerca e gli stessi clienti, al fine di conseguire un valore aggiunto da consegnare poi al consumatore^[1]. In questo caso vi sono afflussi e deflussi di conoscenza gestiti in modo mirato tra i confini dell’organizzazione fino a generare anche spillover^[2], il fenomeno che avviene quando un’attività economica produce effetti positivi anche oltre gli ambiti per cui agisce. Difatti, con questa modalità si producono effetti positivi per tutti i soggetti coinvolti nello sviluppo oltre che per il cliente finale, in virtù del valore aggiunto incorporato al bene ottenuto.

A partire dall’inizio del XXI secolo lo sviluppo di internet ha favorito enormemente il processo dell’open innovation, tanto da far nascere il concetto di open network (ON): le reti internet che stimolano la collaborazione tra i soggetti innovatori. Grazie a questi strumenti, l’innovazione trova una forte spinta dall’intelligenza collettiva proveniente dal *crowd*, la folla. Per questo motivo negli ultimi anni si sono sviluppate molte iniziative di crowdsourcing al fine di raccogliere il maggior numero di idee possibili utili per la realizzazione di un determinato progetto. Il paradigma dell’OI ha potuto nascere e svilupparsi perché negli ultimi anni è emerso chiaramente che l’innovazione chiusa non era più sufficiente.

L’azienda che decide di adottare il modello di open innovation deve quindi essere aperta alla condivisione, poiché il concetto stesso si basa sulla condivisione di idee, prodotti e servizi tra azienda e realtà esterne. Ciò implica l’importanza strategica di adottare nuovi modi di lavorare, processi e mentalità per favorire l’apertura all’innovazione. Infine, è necessario stabilire obiettivi strategici chiari e mettere in atto processi operativi che supportino i nuovi modelli di innovazione. Questo richiede una leadership che favorisca la collaborazione, la condivisione e la gestione efficace delle risorse esterne^[3]. La formula dell’open innovation prevede che un’azienda possa accedere alle innovazioni disponibili sul mercato integrandole con il proprio modello di business. Diventa maggiormente competitivo non chi produce al proprio interno le migliori innovazioni, ma chi riesce a creare prodotti e servizi innovativi, modulando al meglio ciò che viene da dentro e ciò che è possibile ricavare dai player esterni al perimetro aziendale. Tutto ciò perché unendo idee interne ed esterne all’impresa si creano sinergie in grado di migliorare esponenzialmente i propri risultati e di conseguenza raggiungere obiettivi più elevati. Sono poche le grandi aziende che hanno una platea di risorse interne

talmente ampia e funzionale da non necessitare di uno scambio con l'esterno. E anche queste si stanno rendendo conto che i contributi esterni rappresentano uno stimolo significativo e a volte essenziale.

Le modalità concrete attraverso le quali si realizza l'open innovation possono essere molteplici. Ad esempio, si possono lanciare sfide e concorsi a premi per la raccolta di idee, come gli Hackathon. Oppure, un'impresa potrebbe optare per la costituzione di incubatori o acceleratori di startup, gestiti direttamente o indirettamente, al fine di portare l'innovazione al suo interno. Ancora, uno dei metodi più utilizzati è quello di stringere accordi con partner esterni, fondando così delle partnerships. Questo sistema è incredibilmente vasto, infatti può trattarsi di contratti di collaborazione stipulati tra company e startup; oppure le imprese possono scegliere di avviare partnership e rapporti di collaborazione con università, centri di ricerca o gruppi di ricercatori. Infine, una grande azienda può allearsi con un'altra, considerata fino a quel momento una potenziale concorrente, per raggiungere scopi comuni. In questo caso si parla di co-innovazione, paradigma dell'innovazione in base al quale nuove idee e approcci provenienti da risorse interne ed esterne sono integrate in una piattaforma per generare nuovi valori e beni condivisi da tutti gli stakeholder, compresi i consumatori.

Riprendendo dall'ultima metodologia di OI è possibile trovare svariati esempi relativi a come le partnership tra diversi soggetti abbiano portato allo sviluppo di prodotti incredibilmente innovativi senza cui oggi l'uomo si ritroverebbe privato di notevoli vantaggi derivanti da innovazioni sia di prodotto sia di processo. A seguito di un'approfondita ricerca è nostra opinione che il settore motoristico è stato tra i primi e più proficui nell'applicazione dell'OI in quanto il movimento di persone e merci rappresenta, da sempre, una delle maggiori sfide da superare per l'uomo.

In primis, è possibile citare l'esempio di Bosch e Mercedes, i quali per primi hanno sviluppato e installato a bordo di un veicolo un sistema Anti Blocking System (ABS) grazie al quale l'auto diventa in grado di continuare la frenata senza bloccare gli pneumatici. Tale invenzione risale al 22 agosto 1978, il giorno in cui le due compagnie tedesche hanno presentato il primo sistema ABS del mondo, disponibile come optional sulla Classe S. Altro traguardo raggiunto dall'accoppiata Bosch e Mercedes è stato l'implementazione del sistema Electronic Stability Program (ESP), fornito nuovamente in dotazione alla Classe S del 1995 come optional^[4]. Un altro esempio di open innovation in ambito motoristico è il common rail, sistema di alimentazione per mo-

tori diesel nato dagli sforzi congiunti del gruppo FIAT insieme a Magneti Marelli, CFR ed Elasis e introdotto per la prima volta nel 1997 a bordo della Alfa Romeo 156. Ci sono, poi, esempi non legati al settore automotive, come ABB e Kvaerner Masa-Yards (oggi STX Europe) che nel 1990 hanno sviluppato la tecnologia degli Azipod (Azimuthing electric podded drive). Questo innovativo sistema propulsivo ha segnato una nuova era nello sviluppo navale, portando vantaggi in termini di manovrabilità (grazie alla loro rotazione a 360°) oltre a risparmi dovuti a una maggiore efficienza.

Anche nel campo delle costruzioni si possono annoverare svariate partnership in grado di dare vita a nuovi prodotti e manufatti dai vantaggi straordinari. Nel febbraio 2019 il China Railway Engineering Equipment Group (CREG) e il produttore francese di veicoli multiservizio (MSV) Metalliance hanno annunciato una collaborazione strategica che prevede una cooperazione in termini di marketing, produzione e lavori di scavo in progetti di tunnel. Il fornitore di TBM CREG è specializzato in R&S, produzione, assistenza tecnica e attrezzature per lo scavo di gallerie. Come conseguenza, Metalliance sta attualmente lavorando con CREG al Deep Tunnel Storm Water System di Dubai.

In virtù di quanto detto finora è chiaro e ampiamente documentato che spesso le cooperazioni portano un volume maggiore di innovazioni, caratterizzate anche da una maggiore qualità e perciò in grado di offrire un ulteriore valore aggiunto al consumatore finale. Difatti, ad oggi, i grandi produttori di smartphone collaborano tra loro per fornire un prodotto di qualità superiore, ad esempio Apple, e non solo, collabora con Samsung per quanto riguarda i display da usare nell'assemblaggio degli iPhone. In questo caso la collaborazione si sviluppa in una mera fornitura, poiché è Samsung a fornire i suoi display OLED per le linee produttive di iPhone 13 e 14. Esempio simile è quello di Tesla e Panasonic, i quali collaborano nello sviluppo del pacco batterie usato per assemblare le auto Tesla.

Lo scopo finale delle partnership è quindi quello di dare vita a prodotti innovativi di qualità superiore, in grado di soddisfare meglio le esigenze della clientela che li domanda. Tra i vari settori dell'industria, quello delle costruzioni presenta le maggiori sfide correlate alla digitalizzazione; mentre la maggior parte degli altri settori ha di recente subito enormi cambiamenti, l'industria delle costruzioni è stata riluttante nell'abbracciare pienamente la nuova adozione tecnologica^[5]. Su questa sfida è stata posta l'attenzione di Webuild, in particolar modo attraverso il dialogo con UniWeLab. Senza dubbio, nell'ambito dell'open innovation risulta

“L’innovazione da seguire deve pertanto rientrare nel contesto dell’Industria 4.0, basata sull’implementazione di tecnologie informatiche, digitali e operative in tutta la supply chain”

fondamentale per le aziende del settore delle costruzioni introdurre tecnologie digitali all’atto di innovare, per non sperimentare una compressione del profitto^[6].

L’innovazione da seguire deve pertanto rientrare nel contesto dell’industria 4.0, basata sull’implementazione e integrazione di tecnologie innovative informatiche, digitali e operative in tutta la supply chain^[7]. Al di là dei principi dell’OI, per riscontrare benefici effettivi a lungo termine non è sufficiente modificare l’operato attuale rendendolo automatizzato, quindi servendosi di soluzioni puntuali, ma è necessario pianificare un ecosistema digitale servendosi di tutte le tecnologie disponibili, tra cui l’intelligenza artificiale, l’IoT, robot, sensori e veicoli a guida automatica, messi in comunicazione tra loro. Sebbene l’ambito sia di grande interesse di ricerca, queste soluzioni non sono ancora prodotti tecnologici effettivamente pronti all’uso. In aggiunta, portano con sé alcune problematiche notevoli, tra cui la raccolta dei dati, a cui consegue l’attenzione alla privacy, la complessa analisi dei dati, che si riconosce in particolare nell’identificazione ed estrazione delle informazioni veramente rilevanti e la condivisione dei dati stessi finalizzata all’effettiva realizzazione di un ecosistema. L’industria delle costruzioni, tuttavia, non è nota per essere un terreno fertile per l’innovazione digitale. Le cause principali di questo rallentamento sono individuate in letteratura per l’età media degli operatori e per la complessità del settore, da cui consegue una difficoltà nell’identificazione di processi standard. La digitalizzazione è stata utilizzata in alcune lavorazioni, tra le quali si segnalano l’impiego di un robot per il posizionamento di mattoni^[8] o l’assemblaggio robotizzato di travi in acciaio^[9]. Questi esempi sono accomunati dal rendere più efficiente un processo ripetitivo e standardizzato, ma non sono soluzioni di spicco. La soluzione ecosistemica più innovativa è stata identificata nell’implementazione di una piattaforma BIM multidimensionale, abilitata all’IoT per valutare in tempo reale lo stato di avanzamento dei lavori per la costruzione di alloggi a Hong Kong, dalla quale però sono emerse notevoli problematiche in merito al reperimento e alla condivisione dei dati^[10].

Nonostante gli evidenti limiti, l’innovazione digitale rappresenta il primo metodo rivoluzionario di innovazione. Risulta fondamentale riconoscerne i vantaggi e i risvolti sociali. Svitati studi dimostrano che la digitalizzazione delle città, per esempio, porta un incremento del capitale sociale^[11]. Inoltre, sebbene i pessimisti prevedano una perdita generalizzata di competenze - affidate quasi totalmente ai calcolatori - e una perdita del lavoro, gli ottimisti vedono questa ondata tecnologica come un’occasione d’oro per distruggere modelli com-

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

portamentali e socioeconomici obsoleti e costruirne di nuovi più adeguati al mondo odierno e proiettati sulle sfide attuali^[12]. È vero che la natura dei posti di lavoro verrà modificata, riducendo le opportunità di lavoro a bassa qualificazione, ma le risorse umane potrebbero essere sfruttate al meglio, mediante la raccolta di dati sui dipendenti finalizzati all'individuazione delle competenze di ciascuno, per identificare i dipendenti più indicati per ciascun compito. Infine, l'innovazione necessaria non può non procedere di pari passo con l'attenzione ambientale. L'incremento dell'efficienza e della qualità della produzione, insieme alla riduzione degli sprechi e alla scelta di processi migliori, porta a una riduzione di greenhouse gas e a una diminuzione di emissioni per ogni prodotto. Vale la pena, pertanto, investire in approcci olistici all'innovazione non solo per ricavare un aumento del profitto, ma perché questi processi portino benefici effettivi alla società in termini di maggiore capitale sociale a disposizione, nonché all'ambiente in generale, per la diminuzione dei costi esterni dovuti alle emissioni nocive per l'ambiente.

Un approccio collaborativo tra imprese produrrebbe risultati decisamente maggiori di quanto potrebbe fare ogni singola azienda muovendosi per conto proprio. Questo perché un ambiente di questo tipo favorirebbe lo scambio di idee e di tecnologie, velocizzando e migliorando di gran lunga il processo innovativo, con vantaggi a cascata per l'intera società.

// REFERENCES

- [¹] Chesbrough, H. W. (2021). Il futuro della open innovation: Creare Valore dall'innovazione aperta nell'era della Tecnologia Esponenziale. LUISS University Press.
- [²] Maci, L. (2023). Che Cos'è l'open innovation (e perché tutti dicono di volerla fare). Economyup. www.economyup.it
- [³] Seedble. (2023). Open innovation. I vantaggi che fanno la differenza all'opera. StartUP News. www.startup-news.it
- [⁴] Esp, il sistema antisbandata di Bosch compie 25 anni. Ha salvato la vita a 15 milioni di persone - Il Sole 24 ORE - <https://www.ilssole24ore.com>
- [⁵] Lau, S. E., Aminudin, E., Zakaria, R., Saar, C. C., Abidin, N. I., Roslan, A. F., Hamid, Z. A., Zain, M. Z., Lou, E., & Shaharuddin, A. B. (2019). Revolutionizing the future of the construction industry: Strategizing and redefining challenges. WIT Transactions on The Built Environment.
- [⁶] Woodhead, R., Stephenson, P., & Morrey, D. (2018). Digital Construction: From point solutions to IOT ecosystem. *Automation in Construction*, 93, 35–46.
- [⁷] Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for Sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869.
- [⁸] Durden, T. (2017). Meet SAM the bricklaying robot that does the work of six humans.
- [⁹] Chu, B., Jung, K., Lim, M.-T., & Hong, D. (2013). Robot-based construction automation: An application to Steel Beam Assembly (part I). *Automation in Construction*, 32, 46–61.
- [¹⁰] Zhong, R. Y., Peng, Y., Xue, F., Fang, J., Zou, W., Luo, H., Thomas Ng, S., Lu, W., Shen, G. Q. P., & Huang, G. Q. (2017). Prefabricated construction enabled by the internet-of-things. *Automation in Construction*, 76, 59–70. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.01.006>
- [¹¹] Nakano, S., & Washizu, A. (2021). Will smart cities enhance the social capital of residents? the importance of Smart Neighborhood Management. *Cities*, 115, 103244.
- [¹²] Butera, F. (2017). Technology, organisation and work in the Fourth Industrial Revolution: The renaissance of socio-technical design, on *L'industria*, *Rivista di economia e politica industriale* 3/2017, pp. 291-316.





//ZZ

Anche il no

è positivo.

Costruire su

una tela

bianca

Daniele Soraggi

// CONCLUSIONI

Il percorso raccontato all'interno di questo volume si è concluso, strategicamente, con il contributo scritto da Mirko Minella e Serena Scelza, un articolo che pone l'ultimo punto di domanda sul ruolo che le imprese rivestono all'interno della complessa catena che porta a un'innovazione digitale in grado di produrre un profitto. Profitto non solo circoscritto ai benefici economici aziendali, ma in grado di estendere le sue esternalità anche su più larga scala. Contemporaneamente, pone un punto esclamativo sul valore che assume l'interdisciplinarietà non solo come somma algebrica di personalità dal background differente, ma come produzione di conoscenza derivante da un processo educativo. Ed è così che un laureando in Economia e management e una studentessa di Ingegneria civile impegnata in un Erasmus

sono in grado di trovare riflessioni non banali con cui terminare un volume avviato dall'interesse dimostrato durante una UniWeTalk e che ha indotto Andrea Limone, laureando in Scienze politiche, a cimentarsi in un percorso inedito che unisce l'AEC – pluricitato Architecture, Engineering and Construction – alle cause del cambiamento climatico in atto.

La transizione tecnologica di cui UniWeLab si fa portavoce vuole dimostrare che esiste un'alternativa all'attuale approccio alla costruzione delle infrastrutture e che un cantiere può diventare un ambiente in cui uomini e robot possono coesistere e collaborare. Forse attraverso le pagine appena lette non si troverà la risposta a tutti gli interrogativi posti in testa al volume e, forse, nemmeno ci si è avvicinati. Ma, una delle affermazioni più usate durante tutti gli incontri del laboratorio è stata: «Anche un 'no' è una risposta positiva»; soprattutto nel caso dell'AEC, il settore industriale più restio al cambiamento e all'innovazione. La difficile standardizzazione dei processi, la portata mastodontica di lavorazioni e dei prodotti attesi e le interferenze settoriali tra la progettazione e la realizzazione sono solo alcuni dei fattori che si contrappongono alla transizione tecnologica in atto.

Questa frase non vuole essere una perifrasi ossimorica ma uno spunto di riflessione attraverso cui mettere in dubbio i capisaldi di un processo che deve cambiare e innovarsi. Perché, non poter introdurre un nuovo robot in un cantiere o digitalizzare la piramide organizzativa del progetto esecutivo dell'infrastruttura, pone il focus della questione sui punti deboli che causano questa opposizione. Il processo di fertilizzazione incrociata di conoscenza e innovazione ha dimostrato che una nuova tecnologia non sempre non è adatta al trasferimento da un settore industriale a un altro per sue mancanze ma, spesso, sono le mancanze del settore di destinazione che ne impediscono l'accoglienza. Per poter cambiare sensibilmente il settore delle costruzioni, digitalizzando processi e progetti, bisogna dimenticare l'attuale sistema e ridisegnarlo da zero?

Perché, benché la costruzione di infrastrutture resilienti sia un bisogno necessario per non rallentare lo sviluppo verso un futuro sostenibile, rifondare l'atto costruttivo è un processo ancor più complicato che ha bisogno dell'intervento non solo di chi lo affronta, ma anche dell'esperienza che altre discipline sono in grado di introdurre. UniWeLab è nato con questo compito e nell'arco dei due anni successivi ha intensificato il processo didattico e si prospetta di continuarlo per poter assicurare agli studenti la coscienza di poter affrontare il mondo del lavoro con la consapevolezza delle dinamiche aziendali. Ma anche l'ambizione di cambiarlo.

// UniWeTalk

// Letteratura

// X-Fertilization

// Tesi

// Hackathon

Collana Sustainable Design and Construction

1. Renata Morbiducci, Clara Vite, *Riqualificazione sostenibile. Processi di Ottimizzazione*, 2017; e-ISBN (pdf) 978- 88-97752-74-5.
2. Giorgio Giallocosta, Simona G. Lanza, Francesca Pirlone, Pietro Ugolini, *Patrimonio storico/architettonico e rischio idraulico. Misure di prevenzione/mitigazione e possibili applicazioni al Centro Storico genovese*, 2017; ISBN 978-88-97752-83-7.
3. Christiano Lepratti, *Caratteri permanenti dell'architettura sostenibile*, 2018; e-ISBN (pdf) 978-88-94943-01-6.
4. Enrico Dassori, *Percorsi della tecnica in architettura*, 2018; ISBN 978-88-94943-17-7, e-ISBN (pdf) 978-88-94943-18-4.
5. Renata Morbiducci, *Prè-Visioni – Una nuova porta per la rigenerazione del centro storico di Genova / Prè-Visioni - A new gateway for the regeneration of the old town of Genoa*, 2019; e-ISBN (pdf) 978-88-94943-55-9.
6. Enrico Dassori, Clara Vite, 1870-1914 *Società, architetti e ingegneri*, 2020; ISBN 978-88-3618-051-6, e-ISBN (pdf) 978- 88-3618-052-3.
7. *UniWeLab. Mobilità sostenibile. La Sopraelevata*, a cura di Ilaria Delponte, Enrico Musso, 2022; ISBN 978-88-3618-125-4, e-ISBN (pdf) 978-88-3618-126-1.
8. Enrico Dassori, Salvatore Polverino, 1914-1938 *Listanza nazionale in architettura*, 2022; ISBN 978-88-3618-149-0, e-ISBN (pdf) 978-88-3618-150-6.
9. Vittoria Bonini, Paolo Galelli, Alessio Minetto, *Tomorrow is Reloading. Il ruolo del digitale nel progetto della città contemporanea*, 2022; e-ISBN (pdf) 978-88-3618-164-3.
10. *L'innovazione per la progettazione sostenibile*, a cura di Renata Morbiducci, 2023; e-ISBN (pdf) 978-88-3618-232-9.
11. Enrico Dassori, Ilmo Lanza, Alessandro Orazzini, *Progettare le strutture sanitarie. Nuovi paradigmi per pandemie ed emergenze*, 2023; ISBN 978-88-3618-233-6, e-ISBN (pdf) 978-88-3618-234-3.
12. *UniWeLab. Transizione sostenibile. Il cantiere e le infrastrutture*, a cura di Daniele Soraggi, Alessandro Carfi, 2025; ISBN 978-88-3618-298-5, e-ISBN (pdf) 978-88-3618-299-2.

Daniele Soraggi è un dottorando presso il CIELI dell'Università di Genova. Si è laureato nel 2021 in Ingegneria Edile-Architettura e da giugno 2021 gestisce UniWeLab, laboratorio di ricerca congiunto con Webuild S.p.A.

Alessandro Carfi ha conseguito una doppia laurea magistrale in ingegneria robotica presso l'Università di Genova e l'École Centrale de Nantes e un dottorato di ricerca in robotica e sistemi autonomi presso UniGe nel 2019. È ricercatore presso il DIBRIS di UniGe.

Il volume raccoglie, con sguardo critico e personale, i lavori e le chiavi di lettura emersi durante le attività di UniWeLab. Le infrastrutture sono rimaste il cuore attorno a cui sviluppare le ricerche che hanno visti coinvolti i ragazzi di UWL, ma sotto un punto di vista nuovo. Innanzitutto, viene dato maggior risalto alla realizzazione delle grandi opere con un focus sui cantieri e sull'AEC: il settore delle costruzioni. Infine, il ventaglio disciplinare di UniWeLab si allarga anche alla robotica, cogliendo uno dei principi fondanti dell'industria 4.0, nel tentativo di rispondere alla domanda: è possibile una transizione tecnologica che porti le infrastrutture verso un mondo robotizzato e informatizzato?

ISBN: 978-88-3618-299-2

In copertina:
locandine eventi UniWeLab
rielaborazione grafica: Niccolò Ansaldo