

LA ROBOTICA IN EDILIZIA

l'inizio di un percorso ancora molto lungo

Alberto Balzan - Claudia Cabrera Aparicio - Dario Trabucco

Uno dei temi più attuali all'interno del mondo dell'architettura, e più in particolare della costruzione, riguarda l'applicazione di tecnologie robotiche al fine di automatizzare completamente il processo di realizzazione degli edifici. La possibilità di ridurre i tempi di esecuzione delle opere, così come la manodopera impiegata e i relativi infortuni, ma anche l'opportunità di incrementare la precisione e, di conseguenza, la qualità del costruito, promuovono i tentativi di automatizzazione delle procedure, seguendo le orme dell'industria manifatturiera; la preoccupazione per la perdita di posti di lavoro, le problematiche tecniche relative all'implementazione di particolari tecnologie, la mancanza di regolamentazioni e l'innata lentezza del settore delle costruzioni, spingono

invece nella direzione opposta, creando una sorta di incertezza e di divisione tra gli scettici e coloro che sono invece più propensi al cambiamento.

Molteplici sono gli esperti ottimisti che, considerando gli attuali sviluppi e il livello tecnologico raggiunto, affermano che l'uso di dispositivi robotici si diffonderà probabilmente a medio termine, e più precisamente, entro i prossimi dieci anni (Davies, et al., 2019). Nonostante gli ostacoli infatti, le necessità di integrare dispositivi robotici in un vasto numero di settori, includendo l'industria delle costruzioni, hanno favorito iniziative sia pubbliche che private in ogni parte del mondo, in termini di politiche ed investimenti economici (IFR, 2019); molti di questi stimoli sono infatti relazionati con bisogni o carenze

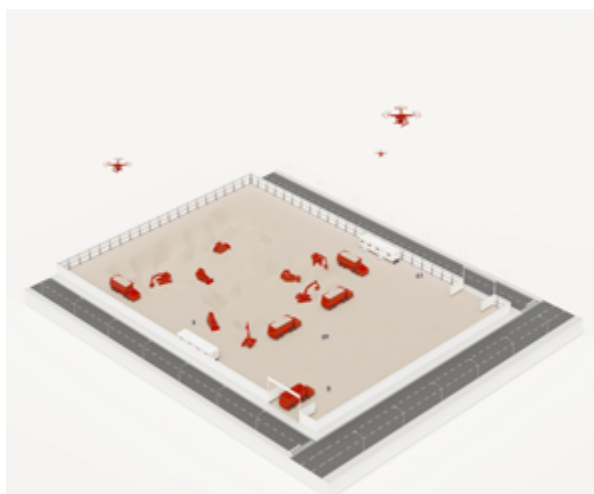
nel campo della costruzione, come il crescente invecchiamento della popolazione e la mancanza di manodopera specializzata (Belton, 2018). Esistono dunque promotori che fanno della ricerca di processi di automazione una necessità sempre maggiore; è il caso, per esempio, dei governi giapponese e cinese, che stanno attuando lo sviluppo robotico attraverso la presentazione di piani strategici e linee guida nazionali. In particolare, nel caso giapponese, si sta inseguendo una "nuova rivoluzione industriale guidata dai robot" all'interno della "Strategia di Rivitalizzazione del Giappone". Di conseguenza, si registrano numerosi sforzi, all'interno del settore delle costruzioni, per poter mettersi al passo del resto delle industrie in termini di sviluppo robotico. Enti pub-

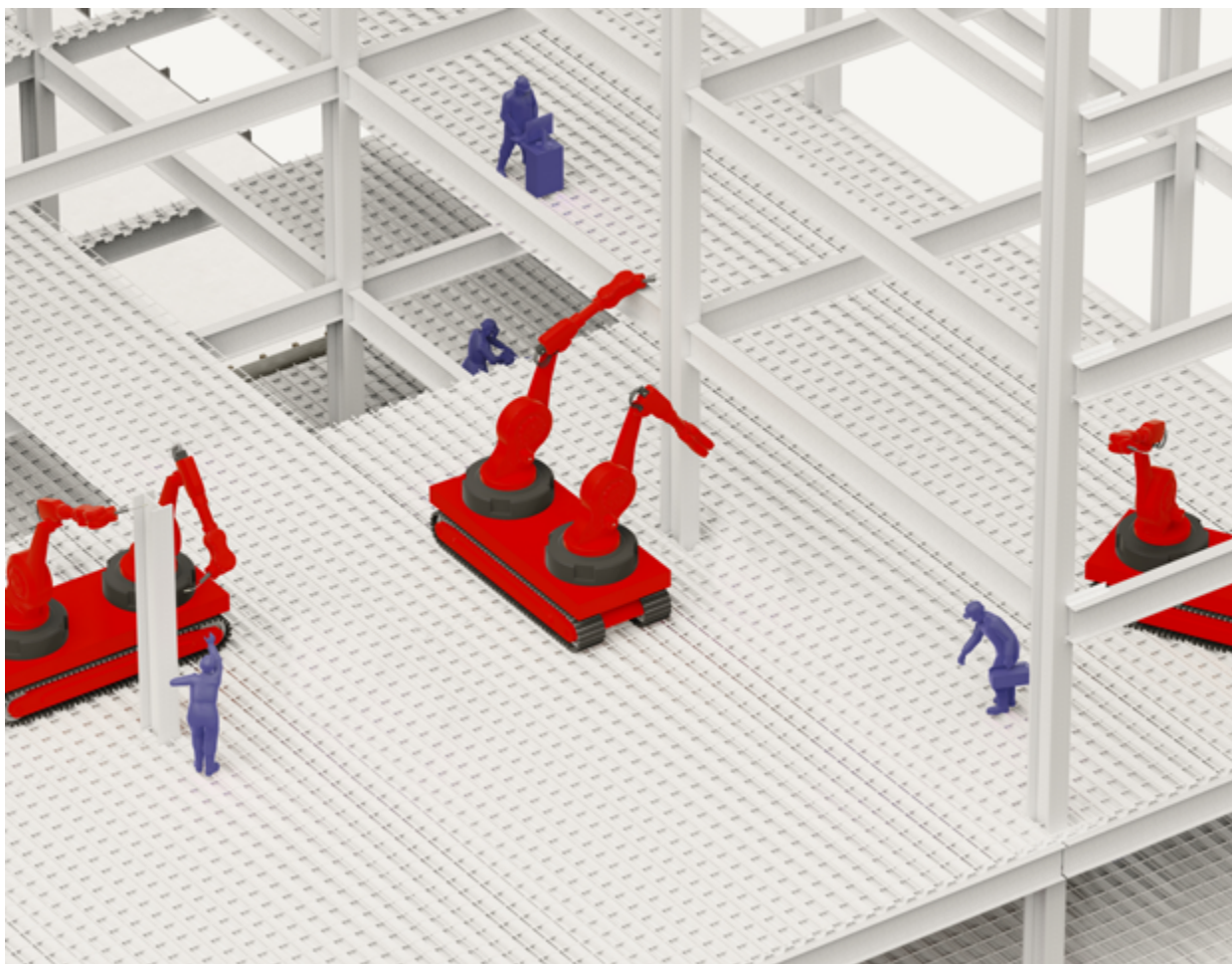


blici, autorità, organizzazioni, imprese, enti privati e la ricerca universitaria tentano di incentivare e promuovere lo sviluppo e l'utilizzo di questi meccanismi. Svariati studi, articoli e pubblicazioni menzionano questi sforzi e i progressi nel settore, facendo intendere che la rivoluzione della costruzione per mezzo della robotica sia qualcosa di prossimo, imminente; in realtà, nonostante tutti i miglioramenti, il settore delle costruzioni risulta essere relegato in secondo

piano nella corsa per la robotizzazione. Quando si parla di robotica, è necessario innanzitutto considerare che la rapida diffusione ed implementazione negli ultimi anni di tecnologie robotiche in numerosi ambiti industriali è scaturita in una mancanza di standardizzazione di concetti, di criteri universali di classificazione, e nella confusione della definizione in base grado di autonomia. Esistendo una grande disparità nei modi di intendere e definire questi dispositivi,

ciò che ne risulta è una grande flessibilità nell'interpretazione del termine "robot", impiegato per nominare un'estesa varietà di meccanismi con caratteristiche differenti; la poca chiarezza nell'individuazione di quali sistemi possano essere veramente definiti tali, ha portato a considerare allo stesso modo apparecchi sofisticati e totalmente autonomi, e quelli che, meno avanzati, richiedono di essere comandati da un operatore. Tuttavia, se si considera che la caratteri-





stica distintiva di un robot è la sua capacità di portare a termine un'operazione indipendentemente, raccogliendo informazioni sul proprio intorno, e adattandosi autonomamente alle sue variazioni (Balzan, et al., 2021), il numero di dispositivi robotici utilizzabili nelle costruzioni che rispondono a questa definizione, si riduce drasticamente.

In aggiunta, la teoria della robotica non funziona se applicata alla costruzione, per una serie di fattori che rendono questo campo diverso dagli altri settori nei quali i dispositivi robotici sono stati capaci di integrarsi con successo all'interno del flusso di lavoro, aumentando la produttività, la sicurezza, inserendosi in modo organico ed evolvendo progressivamente. Il motivo principale che differenzia un cantiere edile da un processo manifatturiero all'interno di una fabbrica è che, in questo secondo caso, gli eventuali robot utilizzati sono

fermi, ancorati al suolo, ed è il prodotto che si sposta lungo la catena di montaggio; al contrario, se si considera il processo di costruzione di un edificio, quest'ultimo è l'elemento statico, mentre i robot impiegati devono potersi muovere. Inoltre, il cantiere presenta un contesto mutevole, sporco e pieno di ostacoli, caratterizzato dal flusso costante di operai che si muovono lungo l'intera area di lavoro in maniera libera e imprevedibile.

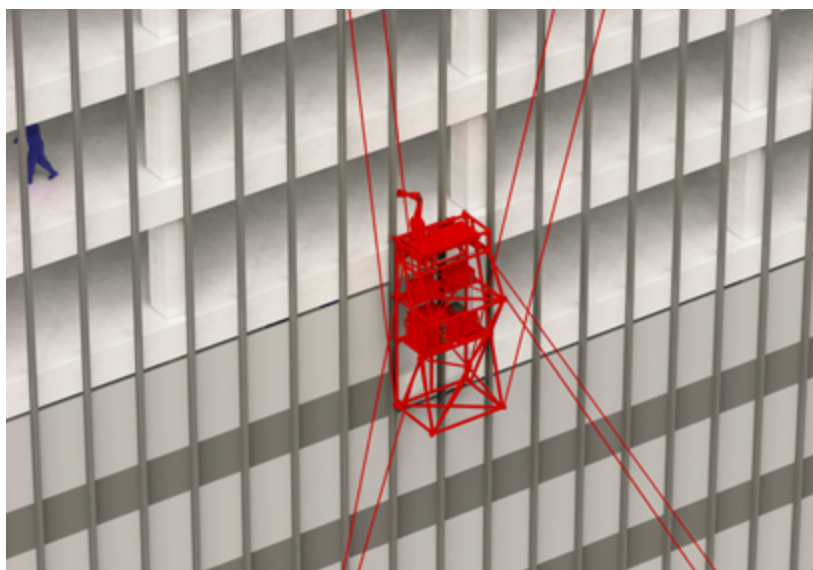
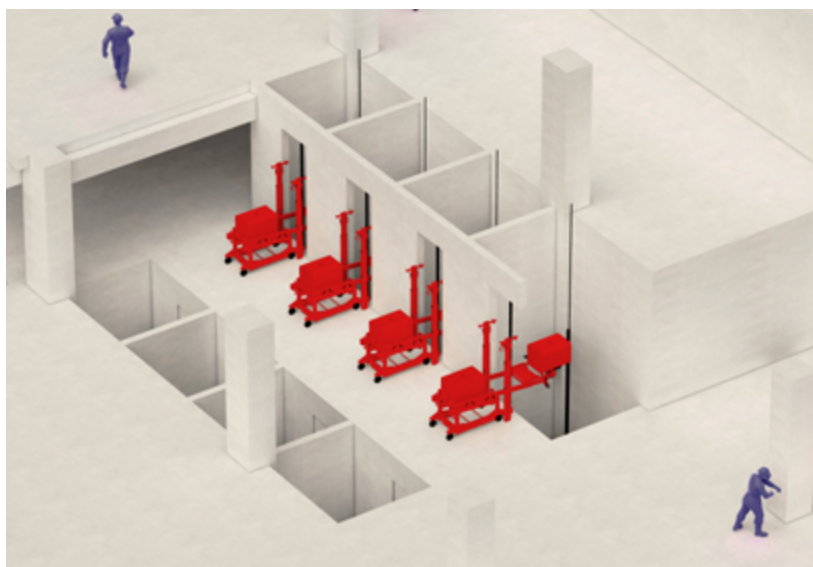
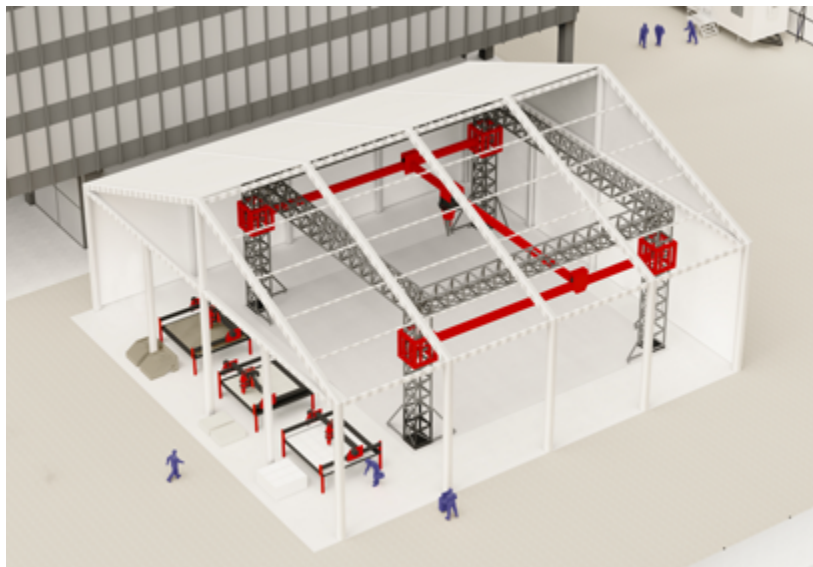
Oltre alla spinosa questione della navigazione autonoma dei robot nel cantiere, c'è da tenere in considerazione che, mentre la maggior parte delle industrie possono beneficiare l'una dei progressi dell'altra, per i motivi già menzionati il settore dell'architettura e delle costruzioni è incredibilmente unico, e qualsiasi dispositivo che si sviluppi in questo ambito ha un ridotto spettro di possibilità di essere adottato o riutilizzato

in qualsiasi altro campo; ciò riduce il numero di agenti realmente disposti a sviluppare sistemi implementabili.

Allo stesso tempo, non è da sottovalutare il fatto che l'automazione all'interno della costruzione sia possibilmente conveniente solo quando applicata ad opere di rilevante estensione a sviluppo orizzontale, ad esempio i grandi spazi industriali, o verticale, come nel caso dei grattacieli.

Comunque la strada per la robotizzazione dei processi costruttivi si articola in due modalità, l'automatizzazione delle operazioni che tradizionalmente sono compiute da lavoratori umani, e la ridefinizione dell'intero approccio al progetto di architettura e di costruzione. Nel primo caso, la tendenza si è spostata dallo sviluppo di dispositivi il cui funzionamento si basava sulla mera ripetizione di una singola operazione, all'attuale obiettivo di produrre sistemi

con un sempre crescente livello di auto-sufficienza, capaci di raccogliere e processare dati al fine di aumentare la loro adattabilità al contesto nel quale operano e quindi di lavorare ininterrottamente. Parallelamente, per quanto riguarda lo sviluppo di robot collaborativi, ovvero destinati a lavorare al fianco degli operai, il livello di sofisticazione richiesto non è tanto relazionato con la loro autonomia, quanto piuttosto ai problemi di sicurezza e di comunicazione inerenti all'interazione uomo-macchina; la loro efficienza sarebbe infatti potenziata dall'implementazione di meccanismi di riconoscimento delle gestures e del linguaggio parlato naturalmente. Nel secondo caso, che prevede l'utilizzo di tecniche di fabbricazione digitale, i processi produttivi vengono intesi come vetrina di un nuovo paradigma architettonico. Come sostenuto da Fabio Gramazio (F. Gramazio, comunicazione personale, 6 maggio 2020), professore all'ETH di Zurigo, il nuovo impegno non cerca solo di migliorare l'industria delle costruzioni riducendone i costi, ma è strettamente relazionato con altri temi, quali la sostenibilità, la realizzazione di strutture ad alte prestazioni dalle complesse geometrie ottimizzate, e la personalizzazione. Secondo numerosi esperti, come il CEO di Scaled Robotics, Stuart Maggs, i robot dovrebbero infatti essere sfruttati per intraprendere scopi diversi dalle tradizionali operazioni costruttive basate sulle capacità umane. Seguendo questa linea di pensiero, i nuovi dispositivi dovrebbero evitare di imitare le attività convenzionali e di utilizzare strumenti e materiali sviluppati e adattati per essere impiegati dall'uomo; allo stesso modo, altri sostengono che l'industria delle costruzioni ha bisogno di "pensare fuori dagli schemi" e "cercare alternative" (Hwang, et al., 2005). Il punto di sviluppo nel quale si trovano questi due metodi di robotizzazione dei processi è differente; il primo approccio ha avuto una più lunga storia di evoluzione, e si trova implementato in maggior misura, attraverso l'utiliz-



zo di dispositivi individuali più o meno autonomi, che sono capaci di realizzare determinate attività. Al contrario, la seconda modalità è ancora nelle fasi iniziali di ricerca e prototipazione, e gli esempi di applicazione di tecniche di fabbricazione digitale sono più facili da trovare in padiglioni e dimostratori, piuttosto che in progetti architettonici complessi. In ogni caso, tenendo anche in conto i grandi sforzi falliti che si realizzarono in Giappone, a partire dagli anni '70, per promuovere la totale automazione del cantiere, nasce spontaneo chiedersi se questa sia la giusta strada da percorrere; l'investimento economico e il tempo necessari per progettare e realizzare dispositivi che hanno come fine ultimo quello di robotizzare completamente il cantiere, sono infatti notevolmente elevati. Per questo motivo, un numero sempre maggiore di voci promuove la necessità di un approccio che lasci da parte la ricerca della totale automazione in questo settore. Nel tentativo di estremizzare la robotizzazione dei sistemi, si perde infatti la visione generale e la ricerca dei benefici che possono portare gli eventuali progressi.

Con una speculazione elevata ed un settore arretrato, e tenendo in considerazione i problemi di costo, implementazione e sicurezza, oltre ai numerosi tentativi parziali e falliti, si percepisce che l'effettiva applicazione della robotica al mondo delle costruzioni è più lontana di come inizialmente potrebbe sembrare. Per questi motivi, sembra che il futuro della costruzione possa vedere la tendenza a preferire una combinazione equilibrata dei diversi approcci, promuovendo l'uso di dispositivi robotici, non intesi come unica risorsa all'interno di un sistema coordinato di meccanismi che si relazionano tra loro, ma come strumenti complementari al fattore umano, ritenuto ancora centrale all'interno del processo. In questa ipotesi, le differenti strategie di avvicinamento al progetto costruttivo si completano, apportando ognuno

il massimo potenziale del proprio rendimento e collaborando in uno sforzo combinato e ottimizzato.

Si propone quindi un'ipotesi di processo integrato di questo tipo applicato alla costruzione di un edificio iconico, il Seagram Building costruito a New York tra il 1954 e il 1958, e progettato da Mies van der Rohe.

La struttura di questo edificio, costituita da uno scheletro portante in acciaio al quale è appesa una facciata continua in vetro e bronzo, assieme all'utilizzo di altri materiali come travertino e marmo, lo rese, al momento della sua realizzazione, l'opera con il costo di costruzione più elevato, 41 milioni di dollari.

Analizzando le foto esistenti del cantiere, si nota che, ad oggi, poco è cambiato del processo costruttivo impiegato a metà del secolo scorso, manifestazione della mancanza di evoluzione delle tecniche e degli strumenti impiegati. Partendo da questo punto, si è voluto simulare il processo di costruzione, ipotizzando di utilizzare una versione combinata dei metodi precedentemente menzionati, e ponendo l'attenzione sulla relativa trasformazione delle lavorazioni.

Le fasi proposte, e le diverse operazioni indicate all'interno di esse, non rispecchiano perfettamente l'ordine logico di costruzione, ma sono solo esemplificative dei dispositivi robotici utilizzabili e dei vari processi attuati da quest'ultimi. In ogni fase, gli operai presenti in cantiere si dedicano tanto ad attività di supervisione ed assistenza ai robot, quanto allo svolgimento dei propri compiti, in collaborazione con altri operai e dispositivi robotici.

Fase 1

In una prima fase, che si concentra sui movimenti di terra e sulla preparazione del terreno per la creazione delle fondazioni del grattacielo, le attrezzature utilizzabili comprendono camion, escavatori, ruspe ed altri macchinari pesanti che vengono equipaggiati con

telecamere, laser, ricevitori GPS, sistemi LiDAR (Light Detection and Ranging) ed altri sensori utili a poter realizzare le suddette operazioni in maniera autonoma, avendo cognizione del proprio intorno. Questi macchinari, che possono essere elettrici e progettati da zero per questo scopo, come quelli proposti da Volvo CE, oppure di tipo tradizionale ma resi intelligenti per mezzo dell'integrazione dei sensori, come nel caso dei dispositivi sviluppati da Built Robotics, sono pensati per essere interconnessi tra loro, in un efficiente sistema coordinato, e comunicare parallelamente con i droni. Questi ultimi, seguendo rotte programmate, effettuano una costante scansione tridimensionale del cantiere al fine di ispezionarlo nelle diverse fasi e raccogliere dati in tempo reale, utili a prevenire gli errori.

Fase 2

La seconda fase si proietta in un momento più avanzato del cantiere, nel quale la struttura dello scheletro portante è stata parzialmente eretta. Si combinano processi di robotizzazione delle procedure tradizionali con altri di fabbricazione digitale dalla scala più contenuta, che vengono eseguiti in una struttura ausiliaria temporanea realizzata a quota 0. Questo ambiente, situato vicino al grattacielo e all'interno del quale si sviluppano attività complementari a quelle del cantiere principale, fornisce un grado maggiore di controllo su determinate operazioni e introduce il concetto di "near-site". Stampanti 3D di diverse dimensioni e tecnologie, macchine CNC e per il taglio laser sono utilizzate per preparare i materiali e consegnarli in tempo, riducendo i tempi e i costi di spedizione, e fornendo la massima personalizzazione e la risposta a cambi imprevisti durante l'esecuzione del cantiere. Altre attrezzature tradizionalmente impiegate dagli operai, ad esempio la gru e i sistemi di trasporto orizzontale dei materiali, sono trasformate in robot intelligenti, come nel caso dei dispositivi sviluppati

dall'impresa di costruzioni Shimizu, venendo equipaggiate con diversi sensori e collegati ad un sistema di coordinamento centrale.

Dispositivi più versatili, come possono essere i bracci robotici normalmente impiegati in contesti industriali, vengono adattati e resi autonomi per la realizzazione di operazioni di diversa natura all'interno del cantiere, dai lavori di ignifugazione, a quelli di posa delle finiture interne, passando per la saldatura di parti in metallo.

Robot di questo tipo, più o meno autonomi, sono stati sviluppati da diverse società edili giapponesi, come Kajima e Obayashi, ma anche in contesti accademici quali l'università ETH di Zurigo. Inoltre, robot come "TyBot", prodotto dall'americana Advanced Construction Robotics per essere impiegato nella costruzione di ponti e il più piccolo "T-iROBO Rebar", realizzato in collaborazione tra la giapponese Taisei Corporation e il Chiba Institute of Technology, possono sostituire i lavoratori nelle attività più impegnative e ripetitive come quelle di legatura delle barre di armatura dei solai.

Fase 3

Nella terza immagine, sono mostrati alcuni robot che dispongono autonomamente, all'interno dei vani degli ascensori, delle guide utili alla successiva installazione dei dispositivi di mobilità verticale.

È il caso, ad esempio, del robot "R.I.S.E.", sviluppato da Schindler per essere utilizzato dai propri tecnici proprio a questo fine.

Sono presenti anche robot, come quello progettato da Scaled Robotics, forniti di sensori, telecamere e scanner 3D che, navigando autonomamente all'interno del cantiere, lo mappano nella sua interezza; i dati raccolti sono impiegati per creare un modello virtuale dell'edificio da confrontare con quello utilizzato in fase di progettazione, al fine di verificare eventuali disparità e correggere prontamente gli errori.

Fase 4

Infine, è mostrata un'alternativa alla tradizionale installazione degli elementi di facciata, come potrebbe essere quella indagata dal progetto "Hephaestus" sviluppato grazie alla collaborazione di diverse aziende anche ai fondi provenienti dal programma europeo "Horizon 2020"; si tratta di un robot parallelo a cavi, ancorato, con la struttura dell'edificio già ultimata, alla copertura di quest'ultimo. L'utilizzo combinato di questo dispositivo su più lati del grattacielo permette di abbreviare considerevolmente i tempi di installazione, che avviene dall'esterno ed è totalmente autonoma; la piattaforma, che ha la possibilità di spaziare lungo tutta la facciata, è mossa da un computer, ospita sensori ed un braccio robotico che è in grado di cambiare end-effector per installare guide e supporti. Il processo quindi non richiede l'intervento di lavoratori che maneggino pezzi delicati di grandi dimensioni e peso, incrementando la precisione nell'esecuzione dell'operazione. Fondamentale in un cantiere di questo tipo, è anche la presenza di un sistema centrale di comando che coordini le operazioni e i robot, analizzi i dati raccolti, e faccia da intermediario con i progettisti e gli altri professionisti coinvolti, attraverso tecnologie come il Building Information Modeling (BIM), il Digital Twin, e la realtà aumentata. La coordinazione tra i diversi attori interessati è infatti ritenuta essere uno degli aspetti cruciali per

l'effettivo miglioramento del settore delle costruzioni (Chen, et al., 2018).

Conclusioni

L'utilizzo di robot nell'ambito dell'edilizia è per il momento un ambito estremamente di nicchia, riservato a poche e limitate sperimentazioni. Il trend che si è verificato in altri settori industriali (automotive, elettronica, ecc.) è dettato da specifiche caratteristiche intrinseche dei settori stessi (produzioni di massa di oggetti a elevato valore aggiunto e di piccole dimensioni) che li differenziano sostanzialmente dal settore delle costruzioni che tratta invece prodotti di grandi dimensioni, quasi unici e nel quale il costo dei materiali è molto rilevante rispetto a quello della "intelligenza" in essi contenuti. Questo rende l'ipotesi di una rapida transizione verso la robotizzazione dell'edilizia ancora più lenta e tortuosa rispetto alle altre innovazioni che interessano l'industria delle costruzioni. Ciononostante, la strada è segnata e nel prossimo decennio si potrà assistere, almeno in alcuni cantieri innovativi, a una maggiore automazione di alcune parti del processo costruttivo. Con l'espulsione di ampie fasce di lavoratori attualmente impegnati nelle catene di produzione di alcune categorie merceologiche e dall'agricoltura a favore di robot, si potrebbe però assistere a una inaspettata disponibilità di manodopera nell'edilizia che rallenterà sensibilmente un processo già comunque lento e difficile.



Tutte le immagini sono di Alberto Balzan e Claudia Cabrera Aparicio.