

Robot e manifattura: verso un equilibrio dinamico

Margherita Ferrari

Introduzione

Susan Calvin studia cervelli positronici, dispositivi artificiali inseriti all'interno di scatole metalliche dalle sembianze umanoidi. Questi cervelli non solo sono in grado di muovere autonomamente la macchina che li ospita ma sono capaci anche di riprodurre quanto più verosimilmente il funzionamento di un cervello umano, nei ragionamenti e talvolta anche nelle emozioni. Isaac Asimov (1920-92), chimico nonché scrittore, ha costruito dettagliatamente uno scenario futuristico in cui macchine e umani convivono, e talvolta si confondono senza distinguerne i confini. La Calvin è la figura chiave che accompagna il lettore nei racconti di Asimov, i più famosi raccolti in *I, Robot* e che indaga la psiche "artificiale" dei cervelli positronici. L'autore costruisce questo futuro sulla base delle *Tre leggi della robotica* che regolano la costruzione di robot e secondo le quali le macchine non potranno e non dovranno mai recare danno all'uomo¹. La lettura di Asimov contribuisce alla costruzione di un immaginario comune che identifica il robot con la figura di un essere meccanico dalla forma di umanoide. Tale scenario tuttavia è limitante rispetto alla reale complessità, che nel corso degli ultimi decenni ha visto una crescita costante di questa tipologia di strumenti, in diversi ambiti e per diverse mansioni. Il robot infatti è prima di tutto una tipologia di strumento, progettata per svolgere il lavoro dell'uomo o collaborare con lui, e può assumere forme differenti a seconda dell'attività da svolgere e del contesto in cui viene impiegata. Introdotta prima nelle linee di produzione industriale soprattutto per svolgere mansioni pericolose per la salute dell'uomo, oggi è presente anche nelle quotidiane attività domestiche. Lo stato di emergenza determinato dalla pandemia per Covid-19² ha ridefinito processi e modelli organizzativi di lavoro, a partire proprio dalla riduzione delle interazioni tra persone. Questo aspetto ha coinvolto, in forme differenti, tutti gli ambiti lavorativi, accelerando trasformazioni di processo già in essere e in altri casi portando allo sviluppo di nuovi, in grado di non compromettere la salute e soprattutto di impedire l'interruzione delle attività. I supporti informatici hanno ridefinito i luoghi di lavoro consentendo alle persone di continuare a

interagire tra loro in nuovi spazi digitali, ma nel settore manifatturiero dove le persone interagiscono soprattutto con la materia questa integrazione non sempre è stata possibile. In questa condizione la robotica e l'intero parco macchine dell'automazione (si pensi ad esempio anche alle macchine a controllo numerico, Cnc) costituiscono potenzialmente la soluzione più adatta in grado di non compromettere la regolare produttività, in quanto tali strumenti possono essere autonomi, senza richiedere l'ausilio delle persone e andando quindi incontro alla riduzione degli spostamenti e delle interazioni tra esseri umani³.

Il robot tuttavia non può essere considerato come una soluzione a prescindere: per quanto si tratti di un sistema sostitutivo o ausiliario, la sua efficacia è funzionale alla capacità di sfruttamento dello strumento e quindi alla capacità di programmare e integrare le competenze della macchina all'attività produttiva, indipendentemente dalla dimensione dell'impresa. L'impiego dei robot richiede infatti specifiche competenze tecniche, soprattutto di natura informatica, senza le quali questa tecnologia risulterebbe dispendiosa, se non addirittura controproducente. Proprio in questo scenario, il contesto italiano rappresenta un ideale caso studio e campo di sperimentazione dell'impiego dei robot per il settore manifatturiero. La robotica infatti, sfruttata soprattutto nelle linee di produzione delle grandi imprese, grazie a una maggiore accessibilità dal punto di vista dei costi e della programmazione informatica, trova spazio anche in linee di produzione più ridotte e mutevoli, come appunto quello delle piccole e medie imprese, fino alle micro. Il panorama economico italiano - fortemente caratterizzato dalla presenza di PMI⁴ - in particolar modo nei settori dei servizi e dell'edilizia - è quindi un contesto ideale per sviluppare sperimentazioni sull'impiego dei robot per una manifattura multiscalare.

La morfologia dei robot

Nel secolo dei Lumi, la macchina intesa come sistema complesso capace di compiere un'azione rappresenta la matematizzazione del gesto umano⁵. La geometria studia e schematizza i movimenti umani, la meccanica ne tenta gradualmente la riproduzione attraverso la combinazione di ingranaggi. La meccanizzazione dei movimenti viene sviluppata prima attraverso sistemi a molla⁶ e a partire dal Settecento vengono sfruttate le fonti energetiche fossili e a vapore: le macchine sostituiscono gradualmente gli utensili movimentati a mano. Il gesto

viene delocalizzato⁷ e riprodotto meccanicamente, e la presenza della persona per la lavorazione materiale è sempre meno necessaria, se non per il controllo del regolare funzionamento della macchina. La progettazione di questi strumenti porta rapidamente a immaginare macchine capaci di autoregolarsi, per le quali sarà necessario attendere il Novecento, quando attraverso l'elettronica si potranno realizzare circuiti in grado di trasmettere informazioni con un circostante controllo da parte dell'operatore. Le macchine sono quindi in grado di reagire a degli stimoli, i cosiddetti *feedback*: è proprio l'autoregolazione a distinguere i robot, quale forma di automazione, dalle macchine utensili. La meccanizzazione riproduce il gesto umano, l'automazione ne ridefinisce l'intero processo. La robotica, quale strumento dell'automazione, ne attua l'impiego e la sperimentazione, soprattutto per la movimentazione di utensili ed elementi.

I primi robot a uso manifatturiero sono sviluppati all'interno del settore automobilistico e fin da subito se ne riconosce la potenzialità. La diffusione e l'utilizzo dei robot è determinato prima di tutto dalla tipologia di lavorazione e dalla possibilità di investimento di un'impresa nell'ambito della sperimentazione. Ammortizzare l'investimento in un nuovo (e sperimentale) impianto produttivo con robot significava produrre grandi quantitativi di merce: ecco perché la prima azienda a farne un utilizzo massiccio è – non a caso – la General Motors, nello stabilimento di Ewing Township. Nel 1961 introduce in un intero comparto il robot *Unimate*, prodotto internamente dalla casa automobilistica, in grado di eseguire operazioni di pressofusione e saldatura, pericolose lavorazioni per l'uomo. Pochi anni dopo la General Motors realizza la prima catena di assemblaggio interamente automatizzata⁸. I settori automobilistico e aeronautico sono tra i primi a utilizzare i robot, ma gradualmente anche in altri comparti manifatturieri si iniziano a introdurre strumenti simili, quali bracci robotici o macchine a controllo numerico. Il crescente impiego nel settore manifatturiero si espande anche in altri ambiti come quello dei servizi e quello sociale, nei quali però la morfologia dei robot cambia dovendo soddisfare requisiti differenti⁹: ad esempio la robotica sociale richiede un alto grado di interazione con le persone, in quanto l'obiettivo è quello di assistere, motivo per cui i robot sono tendenzialmente mobili e non a base fissa, e la morfologia è spesso antropomorfa o zoomorfa. Nel settore manifatturiero i robot invece sono tendenzialmente a base fissa

e sono installati in aree delimitate, accessibili strettamente agli operatori, quindi l'interazione con le persone è ridotta al minimo. I robot in questo caso sono spesso utilizzati per svolgere attività che impiegano sostanze pericolose o eseguono lavorazioni poco sicure per l'operatore, per questo motivo si realizzano all'interno della linea produttiva vere e proprie isole robotiche, monitorate a distanza e autonome nell'esecuzione della lavorazione.

La ricerca nell'ambito della robotica ha permesso di sviluppare strumenti sempre più autonomi, capaci di acquisire informazioni dall'ambiente in cui operano, anche della presenza di essere umani, e attivare delle reazioni sulla base dei *feedback* elaborati. Questo crescente grado di autonomia è ciò che caratterizza una "nuova" generazione di robot, i cosiddetti *cobot*, dalla crasi *collaborative-robot*¹⁰, la cui finalità è proprio quella di lavorare fianco a fianco con le persone.

L'Italia dei robot

Consolidato e di lunga tradizione, il settore metalmeccanico in Italia è in graduale e costante crescita, soprattutto nell'export verso paesi come Stati Uniti e Germania¹¹. Tra le eccellenze internazionali per la produzione di robot, accanto alla svizzera Abb e alla giapponese Kuka, c'è anche una realtà italiana, nata nel 1973 all'interno del gruppo Fiat. Si tratta di Comau, acronimo del Consorzio macchine utensili, strutturato allora a servizio delle linee di produzione delle automobili, oggi tra i principali produttori di robot per il settore manifatturiero in senso più ampio. Sempre negli anni Settanta un'altra importante azienda decide di investire nel settore dell'automazione, la Olivetti. Nel 1976 mette in commercio Sigma, il primo robot per il montaggio, ideato e prodotto dalla Osai Olivetti sistemi per l'automazione industriale. Altre importanti innovazioni nell'ambito della robotica sono state i robot Dea per la misurazione (1965) e quelli Zac per le operazioni laser (1979).

Il settore produttivo italiano nel contesto più ampio dell'automazione, si contraddistingue da un lato per la produzione di strumenti, tra cui robot e macchinari a controllo numerico, dall'altro per l'impiego degli stessi nelle differenti filiere produttive, a partire da quello dell'*automotive*. La International Federation of Robotics (Ifr) sulla base del valore di *robot density*¹² ha calcolato la distribuzione di robot impiegati nel settore manifatturiero in tutto il mondo e l'Italia è inserita tra i

primi dieci Paesi, dopo Corea del Sud, Singapore, Germania, Giappone, Svezia, Danimarca e Stati Uniti.

In ciascun Paese è possibile delineare le principali attività lavorative potenzialmente automatizzabili e nel caso dell'Italia sono soprattutto il trasporto, i servizi di accoglienza, il manifatturiero, l'agricoltura e la pesca¹³. Solo recentemente è stato possibile delineare e specificare l'impiego dei robot nel settore produttivo italiano: i dati fino ad oggi raccolti sono i risultati di campagne di ricerca promosse soprattutto da associazioni di categoria, quindi si tratta di dati riferiti a specifici comparti (come ad esempio Confindustria, Confartigianato o Federlegno per citarne solo alcune). Solo nel 2018 per la prima volta nei questionari Istat rivolti alle imprese per l'elaborazione del report *Cittadini, imprese e ICT 2018*, sono state introdotte le voci specifiche di “robotica” e “stampa 3d”, distinguendole l'una dall'altra, ma soprattutto da altri strumenti digitali come la gestione dati o l'utilizzo di piattaforme online¹⁴. Dal report emergono due aspetti importanti: il primo che – soprattutto nel settore automobilistico – la robotica è impiegata nelle aziende con almeno 250 addetti (60%); il secondo che complessivamente tra tutte le tipologie di imprese, l'ambito in cui è maggiormente impiegata è quello manifatturiero (59%).

Questo settore in Italia è fortemente caratterizzato dalla presenza di piccole e medie imprese e lavoratori autonomi, ciascun ambito è molto vario e pone obiettivi ed esigenze differenti. A influire su questi aspetti sono anche la dimensione dell'attività, le quantità produttive, gli spazi di lavoro e la capacità di investimento. Tuttavia a partire dalla dimensione dell'attività, si possono delineare due macrocategorie di impiego dei robot: quella per la produzione industriale e quella per la produzione artigianale. Sono modalità produttive molto differenti, in cui fattori come la mobilità, il tempo e l'interazione con la materia possono essere determinanti nello sfruttamento o meno dei robot.

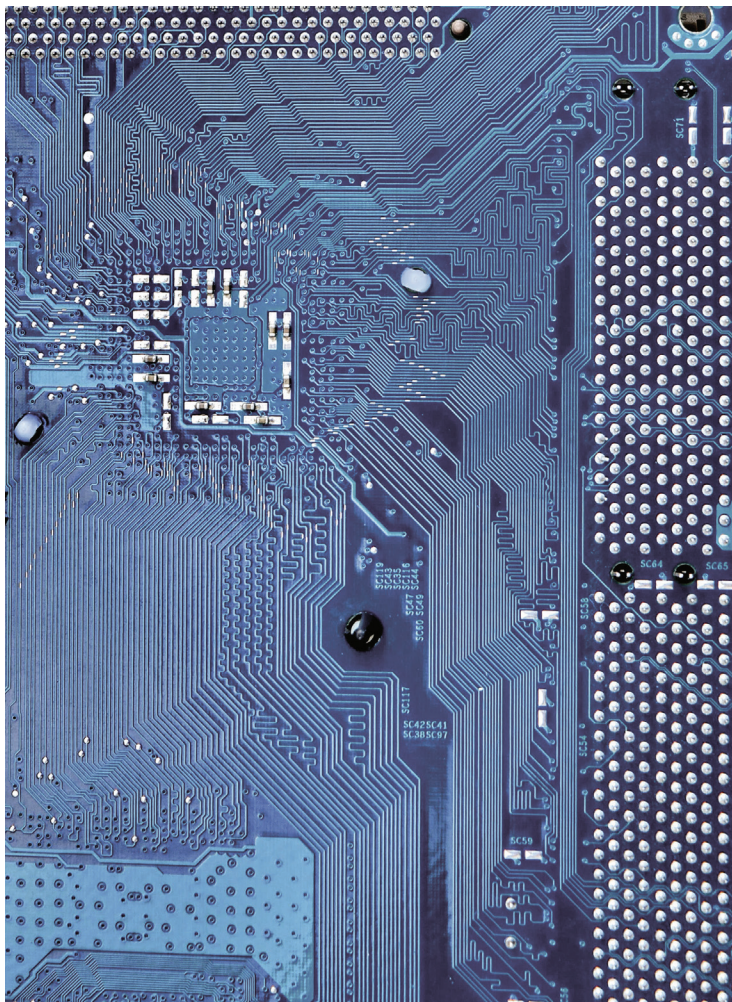
Robot e manifattura multiscale

Nelle filiere produttive industriali i robot possono essere impiegati per il trasporto di materia e prodotti, per manipolare utensili ed eseguire lavorazioni, per misurare ed effettuare controlli finali sul prodotto. La tipologia di robot più diffusa all'interno dell'ambito industriale è quella manipolatrice, ovvero quella più nota con il termine di “braccio robotico”: esistono anche altri robot di servizio o di trasporto, che han-

no strutture non necessariamente antropomorfe e sono spesso mobili. Il braccio robotico è generalmente impiegato per lavorare direttamente sul manufatto, modificando la materia oppure assemblando elementi finiti. La sua struttura è composta da elementi rigidi e da un numero di collegamenti, che determinano i suoi gradi di libertà di movimento: l'*end-effector* è l'organo terminale del braccio e sul quale possono essere configurati differenti utensili, a seconda delle lavorazioni da eseguire. Nell'ultimo decennio il progresso delle tecnologie in termini di materiali e software ha consentito di sviluppare bracci robotici sempre più precisi e più rapidi nella risposta a *feedback*: questo si traduce in un maggior controllo dello strumento anche in termini di sicurezza. La progettazione dei robot industriali inizia quindi a uscire dalle isole dedicate e a costruire un grado di interazione con gli operatori. L'Ifr identifica cinque livelli di interazione tra uomo e robot: nel primo il robot opera all'interno di un'area recintata, nel secondo il robot e l'operatore operano in aree differenti ma senza l'interposizione di barriere fisiche, nel terzo operano in maniera sequenziale nella stessa area, nel quarto operano simultaneamente sullo stesso elemento, nel quinto il robot è in grado di interagire con l'uomo affinché possa svolgere la lavorazione al meglio.

La tecnologia odierna consente di utilizzare robot di secondo e terzo livello¹⁵, mentre la robotica di quarto e quinto livello ha un impiego ancora molto ridotto, sebbene sul mercato esistano già i primi strumenti. Tra i principali produttori di questa generazione di robot, si trova proprio Comau con lo sviluppo di *Humanufacturing* (2017) che non si limita a identificare una tipologia di strumento, bensì a delineare filiere produttive in cui esseri umani e robot collaborano. La generazione di robot *Humanufacturing* è costituita da bracci robotici installati su basi fisse o mobili, dotati di sensori visivi e tattili, in grado di riconoscere la presenza dell'uomo, e quindi di collaborare con lui all'interno di un luogo di lavoro.

La ricerca tecnologica finalizzata a questo tipo di interazione tra uomini e macchine si allontana dall'idea di fabbriche in cui operano esclusivamente dispositivi e in cui l'uomo ha solo il compito di controllare la loro regolare operatività: tale manifattura è stata definita *Smart Light*, cioè a luci spente, proprio perché non essendo esseri umani ma solo robot l'illuminazione degli spazi risulta superflua. *Humanufacturing* – e in senso più ampio la generazione dei



cobot – descrive un cambio di paradigma della produzione industriale, in termini sia di tempo ma anche di interazione con la materia, avvicinandosi sempre più a un modello di tipo artigianale. Insieme alla robotica, anche altri strumenti e *software* stanno contribuendo a ridefinire i processi di lavoro manifatturiero, un cambiamento spesso identificato con termini anglosassoni – come *smart manufacturing*, *digital fabrication*, *post industrial manufacturing*, solo per citarne alcuni – oppure in Italia noto anche con il termine Industria 4.0, che richiama il Piano Calenda emesso nel 2016 a sostegno delle industrie per l'aggiornamento informatico e tecnologico.

Tutti questi nomi vogliono descrivere una tipologia di manifattura che “ibrida le competenze artigianali su larga scala e le impiega ove necessario”¹⁶, una manifattura programmabile e multiscalare, perché in grado di operare potenzialmente sia su larga che ridotta scala, in risposta a uno specifico progetto o in questo caso, comando computazionale. L'impiego di strumenti digitali su scala artigianale identifica la figura oggi nota con il nome di *maker* che individua un professionista capace di operare su materia fisica ma anche digitale, e quindi attraverso l'informatica è in grado di utilizzare strumenti per manifattura additiva, come stampanti 3d, per quella sottrattiva, come una macchina a taglio laser, fino ai robot, la cui programmazione (e anche costruzione) consente di declinarne l'impiego in svariati ambiti. Il *maker*, come la figura tradizionale dell'artigiano, è fortemente caratterizzato da un rapporto diretto con la materia su cui lavora, solo che in questo caso la materia è spesso intangibile ed è costituita da dati informatici. La programmazione diventa quindi il principale strumento, l'attuatore invece può assumere forme differenti, da semplici macchine ai più complessi bracci robotici.

Tuttavia questa competenza non può essere svincolata dalla conoscenza della materia con cui o sulla quale si opera, a maggior ragione quando si tratta di materiali naturali come pietra e legno, caratterizzati da proprietà intrinseche non sempre note. A differenza di materiali artificiali, le cui proprietà sono tendenzialmente omogenee e conosciute e consente quindi di intervenire consapevolmente sulla materia, i materiali naturali sono spesso disomogenei: si pensi al legno, è un materiale al cui interno è possibile trovare nodi o sacche di resina, elementi che non possono essere (ancora) parametrizzati e su cui la macchina non può (ancora) intervenire in forma intelligente, ovvero adattandone la lavorazione in maniera appropriata senza compromet-

terne il risultato finale complessivo. Per questo motivo gli strumenti digitali per la manifattura sono solitamente impiegati su materiali noti, infatti nel caso del legno si tende a utilizzare prodotti a base di legno, come lamellare per la carpenteria o multistrato per la falegnameria. Che si tratti di materiali naturali o artificiali, è fondamentale conoscerne le proprietà: l'artigiano in quanto tale ha la capacità di sfruttare sapientemente strumenti e materia, senza che gli uni compromettano gli altri. Quello a cui dunque oggi stiamo assistendo è una trasformazione degli strumenti e quindi di una metodologia¹⁷.

Che si tratti di industria o di artigianato, il cambiamento è prima di tutto strumentale e il ruolo della progettazione del prodotto resta ancora frutto dell'intelligenza umana, e non artificiale. Sebbene le scale di produzione siano differenti, i robot sono impiegati con la finalità di integrare l'attività delle persone, al fine di ridurre le operazioni più pericolose per la salute della persona. In alcuni casi questa integrazione è parziale, in altri è totale e sostitutiva, e questa genera sconcerto, timore, fino alla paura di essere sostituiti nel proprio mestiere da un robot o da un'altra tecnologia¹⁸.

Occorre pertanto immaginare le prospettive future dello sviluppo dell'automazione, in questo caso più specifico, della robotica, in cui la manifattura si trasforma e con essa anche il ruolo delle persone: l'innovazione parte proprio da questi scenari e la ricerca scientifica svolge in questo un ruolo cruciale, contribuendo non solo a definire gli ambiti di sviluppo, ma anche il ruolo e il valore del tempo e della capacità di adattamento.

Verso un'innovazione di responsabilità

“Il successo della retorica dell'innovazione è una delle espressioni più palpabili del fenomeno di accelerazione del tempo nell'epoca moderna. Oggi si parla di disruzione per designare le innovazioni radicali aventi l'effetto di spezzare le strutture sociali esistenti”¹⁹. Quando il filosofo Arthur Lochmann nel libro *La lezione del legno* riflette sull'etica del fare propria dell'artigianato, si interroga anche sul ruolo delle nuove tecnologie e pur riconoscendone l'utilità, mette in luce come spesso invece vengono impiegate con finalità alienanti, stravolgendo il valore stesso del lavoro. Lochmann in questa riflessione parte dalle parole di Bernard Stiegler in *Dans la disruption. Comment ne pas devenir fou?*, “per i signori della guerra economica [...] si tratta di andare più svelti delle società per imporre loro modelli che ne distruggono le strutture sociali”²⁰. In questo contesto l'obiettivo non è identificare i

signori della guerra economica, ma le *strutture sociali*, basate più in generale sul senso di comunità. Gli strumenti digitali e la trasformazione della manifattura verso una produzione più ibrida e multiscale, dovrebbero essere rivolti a garantire proprio il valore della comunità. La riflessione di Lochmann sull'etica del lavoro si può riassumere su due fattori peculiari del lavoro artigianale: la responsabilità verso la comunità e la responsabilità verso l'opera, disgregata dalla filiera produttiva sempre più frammentata.

Si potrebbero moltiplicare gli esempi di soggetti che intervengono ad allungare le catene di produzione o di decisione: studi di consulenza, agenzie di valutazione, esperti di ogni genere, istruttori privati eccetera. Illustrando o agevolando le decisioni in un mondo sempre più complesso, contribuiscono a distruggere il senso di responsabilità, in particolare nelle grandi aziende dove pullulano quelli che taluni chiamano i *bullshit jobs*²¹, vuoti di senso e di conseguenze.²²

La robotica, come altri strumenti digitali, dovrebbe invece consentire di riacquistare questa responsabilità, anche di fronte alla crescente complessità del mondo della produzione, vincolato sempre più da norme e parametri. L'aggiornamento tecnologico pertanto non deve essere finalizzato alla sostituzione delle persone, ma all'integrazione nell'attività, per consentire di riacquistare proprio quel grado di responsabilità verso l'opera oggi disgregato. È chiaro che tale responsabilità cambia anche a seconda degli ambiti di lavoro, come nel caso dell'architettura e del design, dove il valore del progetto spesso non è individuale ma collettivo, esito di interazioni personali. La fabbricazione digitale con cui oggi si identifica la manifattura caratterizzata dalla presenza di tecnologie digitali, in termini di software e strumenti per la lavorazione materiale, è un metodo: invece la scelta di come utilizzarla e la finalità con cui viene impiegata, è il valore che contraddistingue il lavoro del progettista.

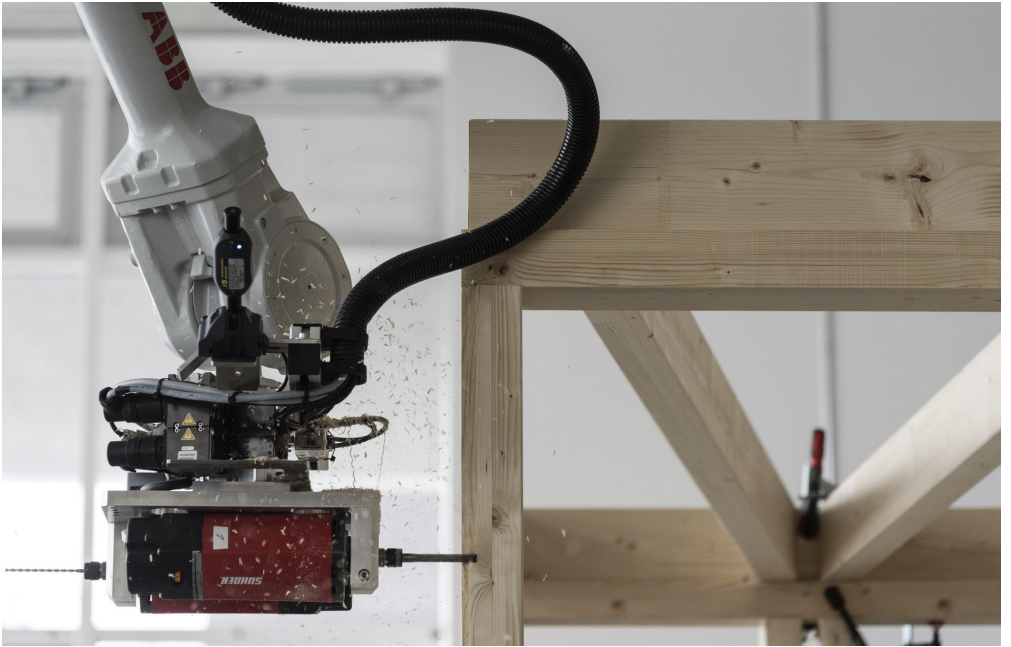
Per questo motivo l'evoluzione degli strumenti non comporta solamente un cambiamento in termini di competenze professionali, quindi acquisire sempre più un linguaggio informatico, che si tratti di gestire i propri dati aziendali o di programmare le operazioni di un braccio robotico. Tale evoluzione deve essere indagata in senso più ampio, motivo per cui

la ricerca scientifica, senza vincoli di mercato economico, ha il dovere di approfondire e di delineare gli scenari dello sviluppo, senza la frenetica rincorsa all'innovazione digitale. Probabilmente la vera innovazione in quest'epoca, sarà quella di riappropriarsi del senso di responsabilità e fare del proprio mestiere un valore per la comunità.

Nei confronti della robotica, e quindi dell'automazione in senso più ampio, occorre trasporre l'"equilibrio dinamico" che Sigfried Giedion rivolge alla meccanizzazione dell'epoca:

Ci siamo trattenuti dall'assumere un atteggiamento definito favorevole oppure contrario alla meccanizzazione. Non è possibile accontentarsi di una semplice approvazione o di un semplice rifiuto. Bisogna esercitare il diritto di scegliere fra le sfere adatte alla meccanizzazione e quelle che non lo sono. [...] Noi dobbiamo stabilire un nuovo equilibrio fra le sfere individuali e quelle collettive. [...] Dobbiamo stabilire un nuovo equilibrio fra le sfere della conoscenza. L'atteggiamento specializzato deve essere integrato in una prospettiva universale. Invenzioni e scoperte devono essere integrate con le loro implicazioni sociali.²³

E così proprio la Calvin nei racconti fantascientifici di Asimov, ora anche all'uomo contemporaneo spetta il compito di indagare, nella realtà, e delineare gli scenari della tecnologia, nel futuro recente fino a quello più lontano.



1. Le tre leggi sono pubblicate per la prima volta nel racconto *Runaround* (tr. it. *Circolo vizioso*), e riprese nel 1942 sulla rivista “Astounding Science Fiction”. Le leggi definiscono che: “un robot non può recar danno a un essere umano né permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva danno; un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli essere umani, purché tali ordini non contravengano alla Prima Legge; un robot deve proteggere la propria esistenza, purché questa autodifesa non contrasti con la Prima e con la Seconda Legge (dal *Manuale di Robotica*, 56esima edizione 2058)”.

2. Il direttore generale dell’Oms Tedros Adhanom Ghebreyesus l’11 marzo 2020 ha riconosciuto la diffusione del virus Covid-19 come una pandemia mondiale.

3. Red., *Il Coronavirus favorirà l’automazione*, in “Il Post”, 10 maggio 2020, <https://www.ilpost.it/2020/05/10/coronavirus-automazione/>, ultima consultazione 28 maggio 2020.

4. Il tessuto delle PMI e delle micro imprese è molto denso in Italia: le micro e le piccole imprese con meno di 50 addetti costituiscono infatti l’asse principale del sistema economico e rappresentano nella categoria delle imprese fino a 250 addetti, l’83,9%. L’Italia è il secondo paese europeo per numero di addetti nelle PMI (2,8 milioni di addetti), dopo la Germania (3,3 milioni di addetti). Nel contesto

manifatturiero italiano si distinguono per numero di addetti alle PMI la Provincia Autonoma di Bolzano (67,2%), il Veneto (64,2%), la Lombardia (62,7%), le Marche (60,9%) e seguono tutte con un peso del 60,3% l’Emilia-Romagna, la Provincia Autonoma di Trento e la Valle d’Aosta (Confartigianato Imprese Studies Office, *Piccola impresa, la tradizione che ha futuro. 12esimo rapporto annual, Small business, tradition that has a future. 12th Annual Report*, Confartigianato Assembly, 2017, p. 10). Secondo il rapporto redatto nel 2019 da Prometeia per Il Sole 24 ore, nel 2017 si contavano circa 5,3 milioni di PMI in Italia, specialmente nei settori dei servizi, dell’edilizia e dell’agricoltura, che complessivamente coprono il 72% dei lavoratori nelle PMI.

5. A. Picon, *Il gesto produttivo e l’architettura nel secolo dei Lumi*, in “Casabella”, n. 542-543, 1988, p. 21.

6. Alberto Rovetta, *Fondamenti di robotica*, Hoepli, Milano 1990, p. 33.

7. A. Picon, *Il gesto produttivo e l’architettura nel secolo dei Lumi*, cit., p. 22.

8. A. Isidori, *Il mondo dei robot: I protagonisti dell’automazione industriale*, Giunti Barbera, Firenze 1986, p. 38.

9. M. Ferrari, *Thinkwood*, tesi di dottorato, Università Iuav di Venezia, 2019, p. 36.

10. Il termine è introdotto nel 1996 dai professori Edward Colgate e Micheal Peshkin. La General Motors è stata tra le prime a sperimentare questa forma di collaborazione, a partire dagli anni

Novanta, coniando tuttavia un'altra definizione Iad – Intelligent Assistant Device, ovvero un'intelligenza, intesa in questo caso come capacità di riconoscimento, volta a proteggere l'uomo nelle vicinanze della macchina.

11. Anima, *L'export della meccanica italiana nel mondo cresce anche nel 2019*, Confindustria, 2019, <https://www.anima.it/media/comunicati-stampa/export-meccanica-italiana-cre-sce-2019.kl>, consultato il 10 maggio 2020.

12. Il valore Robot Density corrisponde alla densità di robot installati e in uso ogni 10 mila addetti.

13. M. Muro, R. Maxim, J. Whiton, *The robots are ready as the COVID-19 recession spreads*, Brookings, 24 marzo 2020, <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2020/03/24/the-robots-are-ready-as-the-covid-19-recession-spreads/>, consultato il 10 maggio 2020.

14. Il questionario Istat distingue sette aree di investimento: “soluzioni di Internet delle cose o IoT (ad es. Rfid, sensori, oggetti connessi); stampa 3d; robotica (robot industriali, robot collaborativi interconnessi e programmabili); altri beni strumentali/macchinari controllati da sistemi computerizzati o gestiti tramite sensori e interconnessi con altri sistemi aziendali; cloud computing (insieme di servizi informatici utilizzabili tramite Internet che consentono l'accesso a software, potenza di calcolo, capacità di memoria, ecc.); big data analytics (uso di tecniche, tecnologie e software per l'analisi di grandi quantità di dati); realtà aumentata e realtà virtuale”.

15. International Federation of Robotics, *Top Trends Robotics 2020*, 19 febbraio 2020, <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/top-trends-robotics-2020>, consultato il 22 aprile 2020.

16. M. Ferrari, *Thinkwood*, cit., p. 70.

17. M. Claypool et al., *Architecture in the Age of Automation*, in M. Calypool et al. (a cura di), *Robotic Duilding, Detail*, Munich 2019, p. 11.

18. Nel caso della progettazione architettonica e del design, Fabio Gramazio e Matthias Kohler ne parlano nella propria pubblicazione *Robotic Touch* (Park Books, Zürich 2014), p. 114. Più recentemente, il tema dell'automazione del lavoro ha interessato sempre più anche la stampa, mossi soprattutto dall'attuale stato di emergenza sanitaria e dalla necessità di immaginare scenari futuri in cui le attività lavorative non vengano compromesse. Alcuni articoli a titolo esemplificativo: M. Muro, R. Maxim, J. Whiton, *The robots are ready as the COVID-19 recession spreads*, in “Brookings”, 24 marzo 2020; M. Corkery, D. Gelles, *Robots Welcome to Take Over; as Pandemic Accelerates Automation*, in “The New York Times”, 10 aprile 2020; Red., *Il Coronavirus favorirà l'automazione?*, cit.; M. Mazzuccato, *The Covid-19 crisis is a chance to do capitalism differently*, “The Guardian”, 18 marzo 2020.

19. A. Lochmann, *La lezione del legno*, Ponte alle Grazie, Firenze 2020, p. 141.

20. B. Stiegler, *Dans la disruption. Comment ne pas devenir fou?*, Éditions Les Liens qui Libèrent, Paris 2016.

21. D. Graeber, *Bullshit jobs*, Simon & Schuster, New York 2018.

22. A. Lochman, *La lezione del legno*, cit., p. 125.

23. S. Giedion, *Le macchine prenderanno il comando. Un contributo a una storia anonima*, Ghibli, Milano 2019, p. 666.