

INDUSTRIA

GLORIA CERVELLI, SIMONA PIRA e LEONELLO TRIVELLI

40



SENZA SLOGAN

A cura di GUALTIERO FANTONI

TOWEL
DIGITAL PUBLISHING

*Vogliamo dedicare questo libro a Giacomo Liotta
che sull'Industria 4.0 avrebbe saputo contribuire
con inconfondibile eleganza e insuperabile passione.*



Prefazione **di Gualtiero Fantoni**

Questo libro nasce da una provocazione che Albino Caporale, Direttore della Direzione Attività Produttive della Regione Toscana, ha lanciato al Convegno di Artimino nel novembre 2016: l'Industria 4.0 richiede una grande attività di divulgazione, per raggiungere capillarmente tutte le imprese. Sottotesto: voi professori vi occupate di ricerca e di alta formazione, vedremo se siete capaci di fare divulgazione.

Raccolta la provocazione ho coinvolto il mio team di ricerca, che ha scritto di Industria 4.0 dopo aver intervistato moltissimi professori ed ex studenti dell'Università di Pisa e non solo*. Ad essi va il nostro ringraziamento. L'idea è di aprire un libro elettronico che possa accogliere contributi di molti, dall'università e dagli enti di ricerca, e poi dalle imprese, dai distretti e poli tecnologici, dalla consulenza. E possa

essere letto dalle imprese come un primo passo di conoscenza del mondo 4.0.

Senza grossa fatica l'Industria 4.0 potrebbe essere letta come un'azione di marketing (riuscitissima) ad opera di un gruppo di vari attori, tutti con sede in Germania. D'altronde l'idea di una fabbrica totalmente digitalizzata non ha potuto che trovare favorevoli i grandi e piccoli provider di software e di sistemi di nuova generazione (cloud, 4G, ecc..) che hanno iniziato a fare da cassa di risonanza al concetto di Industria 4.0.

L'argomento purtroppo si presta a varie interpretazioni e a varie strumentalizzazioni, anche in attesa di fondi europei stanziati ad hoc. Ogni punto di vista adottabile per descrivere la filosofia 4.0 porta inevitabilmente una distorsione, data dalla specifica pro-

spettiva scelta. Può un concetto nato nel mondo delle grandi imprese tedesche essere preso senza adattamenti alla realtà italiana? Certamente no, occorre uno sforzo di reinterpretazione e adattamento. Ma allora cosa può significare, in concreto, Industria 4.0 in Toscana, ed in particolare nella pratica e nella vita quotidiana delle PMI?

Con questa iniziativa speriamo di aver dato un contributo (seppur piccolo) alla possibilità di modernizzazione produttiva del nostro territorio.

** Se ci siamo dimenticati qualcosa non esitate a contattarci: il libro "Industria 4.0 senza slogan" verrà aggiornato, corretto e ripubblicato sul sito www.industria40senzaslogan.it di frequente. Speriamo anche che questo volumetto possa essere rafforzato ed espanso grazie al contributo di colleghi degli altri atenei, di ex studenti, di imprenditori e degli operatori del trasferimento tecnologico.*

Sommario

1. Introduzione.....5
2. Cos'è l'Industria 4.0.....6
3. Come approcciarsi all'Industria 4.0.....12
4. Produzione.....18
5. Manutenzione.....30
6. Logistica interna e acquisti.....37
7. Logistica esterna, retail e post-vendita.....48
8. Tecnologie di supporto all'adozione del 4.0 in azienda.....56
9. Criticità.....68
10. Quanto costa e quanto rende.....70
11. Conclusioni.....72

Le illustrazioni di questo volume sono state create da Luca Diamanti

<https://it.linkedin.com/in/luca-diamanti>

Facebook:

@Industria40senzaSlogan

Twitter:

@i4ZeroSlogan

ISBN: 9788894901061

2017 Towel Publishing S.r.l.s Pisa

www.towelpublishing.com

I edizione 23 gennaio 2017

finito di stampare nel Gennaio 2017 presso il Centro Stampa del Consiglio regionale della Toscana



Quest'opera è distribuita con Licenza Creative Commons [Attribuzione - Non commerciale - Condividi allo stesso modo] 4.0 Internazionale.

[URL: https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode)

Introduzione

di Stefano Ciuoffo

Assessore alle Attività produttive, credito, turismo e commercio della Regione Toscana

Industria 4.0, economia digitale, fabbrica intelligente, *internet of things* sono tutte modalità per descrivere un processo in corso: la trasformazione delle modalità con le quali si fa produzione, si offrono servizi, si organizza la rete commerciale. La si chiama modello, paradigma, anche rivoluzione, ma si può affermare che è una rivoluzione annunciata ed ancora in corso di progettazione.

In alcuni Paesi questi processi sono stati avviati in modo strutturato e intensivo. Se di rivoluzione si tratta, è stata progettata, l'hanno sperimentata, la stanno attuando con decisione, ed a breve riusciranno ad imporla agli altri Paesi, attraverso la codificazione e gli standard (vedasi ad esempio la norma DIN SPEC 91345:2016-04).

Né più né meno quello che succede ogni qualvolta si introducono nei mercati innovazioni tecnologiche strutturali: dalla macchina a vapore all'i-phone.

Questa volta però lo scenario sembra sia diverso. Per almeno quattro motivi:

- a. Non si tratta di nuove tecnologie, quanto di tecnologie esistenti che operano congiuntamente; quello che è stato definito un "mosaico di tecnologie" da comporre.
- b. La velocità con le quali le singole tecnologie evolvono e producono innovazioni si è incrementata, e non si opera al margine di una sola applicazione, ma con incrementi marginali contestuali che sommati

ed integrati determinano accelerazioni in tempi ridotti.

- c. Non è un processo appannaggio di pochi: ha una dimensione pervasiva che coinvolge le intere filiere produttive ed il rapporto committente/fornitore può espandersi ed applicarsi anche oltre alle singole tessere del mosaico. La dimensione di impresa non è un limite ma un'opportunità.
- d. Questa trasformazione non riguarda solo la manifattura, quanto tutti i settori dell'economia: agricoltura, servizi, turismo, se non addirittura anche la pubblica amministrazione.

L'impatto sulla produzione sta nei termini delle "vecchie" logiche economiche: il processo incide sulla produttività, sui modelli di business delle imprese, oltre che sulle modalità di organizzazione della produzione, e dunque sulla formazione e qualificazione dell'intera forza lavoro, dal manager all'operaio della produzione.

Dunque impatta sulla competitività e sulla capacità di stare nei mercati.

In questo senso è un processo che ricade sulle *policy*, pubbliche e private, in modo inevitabilmente integrato, come dovrebbero essere tutte le politiche, ma nel caso la dimensione dell'integrazione è il corrispondente di quel "mosaico di tecnologie" citato.

Il sistema degli incentivi, la formazione ed il lavoro sono gli ambiti primari sui quali avviare il percorso di definizione delle policy che portino a trasformare l'economia verso il nuovo paradigma,

in un'ottica di miglioramento della capacità competitiva.

Il tema della conoscenza del processo, a più livelli, sia come contenuti, sia come destinatari, è essenziale: una ipotetica *roadmap* delle azioni pubbliche verso/per Industria 4.0 deve prevedere interventi di divulgazione tecnologica, di intelligenza strategica che vede integrare i titolari delle politiche pubbliche, il sistema delle competenze e della formazione, le infrastrutture per il trasferimento tecnologico (laboratori, dimostratori tecnologici, incubatori), le imprese e il mondo del lavoro. L'intelligenza strategica come economia esterna che il territorio produce e mette a disposizione delle imprese, soprattutto le PMI.



Cos'è l'Industria 4.0

Quando si parla di **Industria 4.0** ci si riferisce a una modalità organizzativa della produzione di beni e servizi che fa leva sull'integrazione degli impianti con le tecnologie digitali.

Le opportunità derivanti da questo nuovo paradigma sono di tale portata da essere paragonabili a quelle generate dall'adozione di macchine alimentate da fonti energetiche inanimate come il vapore o i combustibili fossili (Prima Rivoluzione Industriale), a quello derivante dall'introduzione della produzione di massa (Seconda Rivoluzione Industriale) e a quello veicolato dall'introduzione di impianti automatizzati basati sulle tecnologie elettroniche e informatiche (Terza Rivoluzione Industriale).

Vittima sacrificale di tale percorso è stato **l'IoT**. Molti, infatti, non hanno avuto neanche il tempo di metabolizzare cosa fosse o di svilupparlo industrialmente, che l'IoT sembra già diventato un concetto obsoleto.

Grazie allo sfruttamento delle nuove frontiere del digitale, l'Industria 4.0 mira a integrare le tecnologie che nell'industria 3.0 venivano adottate singolarmente.

In particolare l'obiettivo è quello di creare sistemi ibridi (produttivi, commerciali, logistici) che siano in grado di gestire, interpretare e valorizzare la grande mole di dati disponibile grazie all'utilizzo delle tecnologie digitali.

In una battuta (considerato che

gli slogan sono qui volutamente preclusi), con Industria 4.0 si vuole fornire alle macchine ed ai prodotti una "cyber-coscienza", in modo che possano sentirsi finalmente parte di un sistema (R. Pini).

Questo può avvenire grazie alla sensorizzazione delle macchine, al collegamento della parte fisica delle materie prime, dei semilavorati e dei prodotti finiti con il loro duale digitale, all'integrazione della parte fisica dell'azienda con i sistemi informativi usati. In questo modo, i dati disponibili possono essere trasformati in informazioni (dati interpretati), capaci di migliorare la gestione dei magazzini,

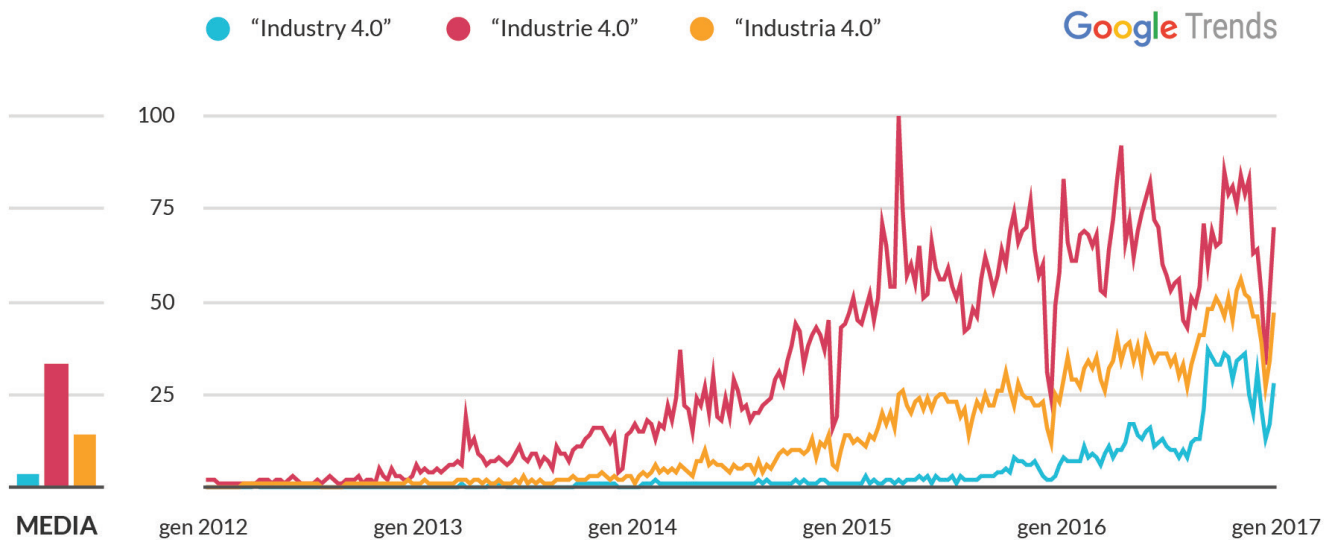


Figura 1 - Dall'Industria 1.0 all'Industria 4.0

Industria 4.0 Senza Slogan®

la produzione, le movimentazioni interne, ma anche gli acquisiti a monte e le vendite a valle.

I risultati di questo cambiamento si vedranno da un lato nell'aumento della produttività e dell'efficienza, attraverso la flessibilità ottenibile dall'integrazione delle nuove tecnologie. Imprenditori e manager avranno a portata di mano informazioni di valore attraverso le quali prendere decisioni più consapevoli basate su dati ed evidenze piuttosto che su supposizioni.

Dall'altro lato si potranno sfruttare le nuove tecnologie al fine di sviluppare nuovi modelli di business esplorando soluzioni in grado di aumentare i margini, come quelle legate alla mass customization (F. Oppedisano).

Infatti le fabbriche intelligenti consentono di soddisfare le esigenze del singolo cliente anche nelle produzioni di massa. In Industria 4.0, i processi consentono modifiche dell'ultimo

minuto e forniscono la capacità di rispondere in modo flessibile alle interruzioni e ai guasti (M. Pierini).

L'impatto massimo portato da questo nuovo paradigma potrà realizzarsi quando le organizzazioni saranno in grado di gestire in maniera integrata persone, macchine, prodotti e perfino ipotizzare nuovi modelli organizzativi e di business.

Risulta quasi scontato, quindi, come l'Industria 4.0 possa rappresentare il driver su cui basare quella ripresa economica non ancora realizzata, aumentando la produttività e la competitività delle imprese e creando nuovi posti di lavoro.

Per queste ragioni, l'Europa per prima - con un piano da 50 Mld di euro - e successivamente i singoli Paesi, hanno avviato un percorso finalizzato all'individuazione di misure specifiche in grado di sostenere questo nuovo percorso di sviluppo.

In particolare, il piano predisposto dal Governo italiano si pone come obiettivo quello di favorire gli investimenti privati e di sviluppare competenze appropriate per esplorare le opportunità derivanti dal nuovo paradigma attraverso strumenti pubblici di supporto e la predisposizione delle infrastrutture abilitanti necessarie.

A livello locale i Poli ed i Distretti creati dalla Regione negli ultimi anni al fine di sostenere in modo sistemico il trasferimento tecnologico e l'innovazione nei vari settori delle produzioni regionali sono stati alcuni dei principali luoghi in cui rappresentanti dell'accademia e dell'impresa si sono incontrati per discutere di tecnologie *hi-tech* e delineare le strategie di sviluppo più promettenti, nell'ottica di una "Specializzazione Intelligente" delle competenze tecnologiche esistenti. In qualche modo, è in quei luoghi che molti nuovi "strumenti" sono stati riconosciuti, condivisi ed in una certa misura sviluppati.

Con Industria 4.0 si tratta ora di ope-

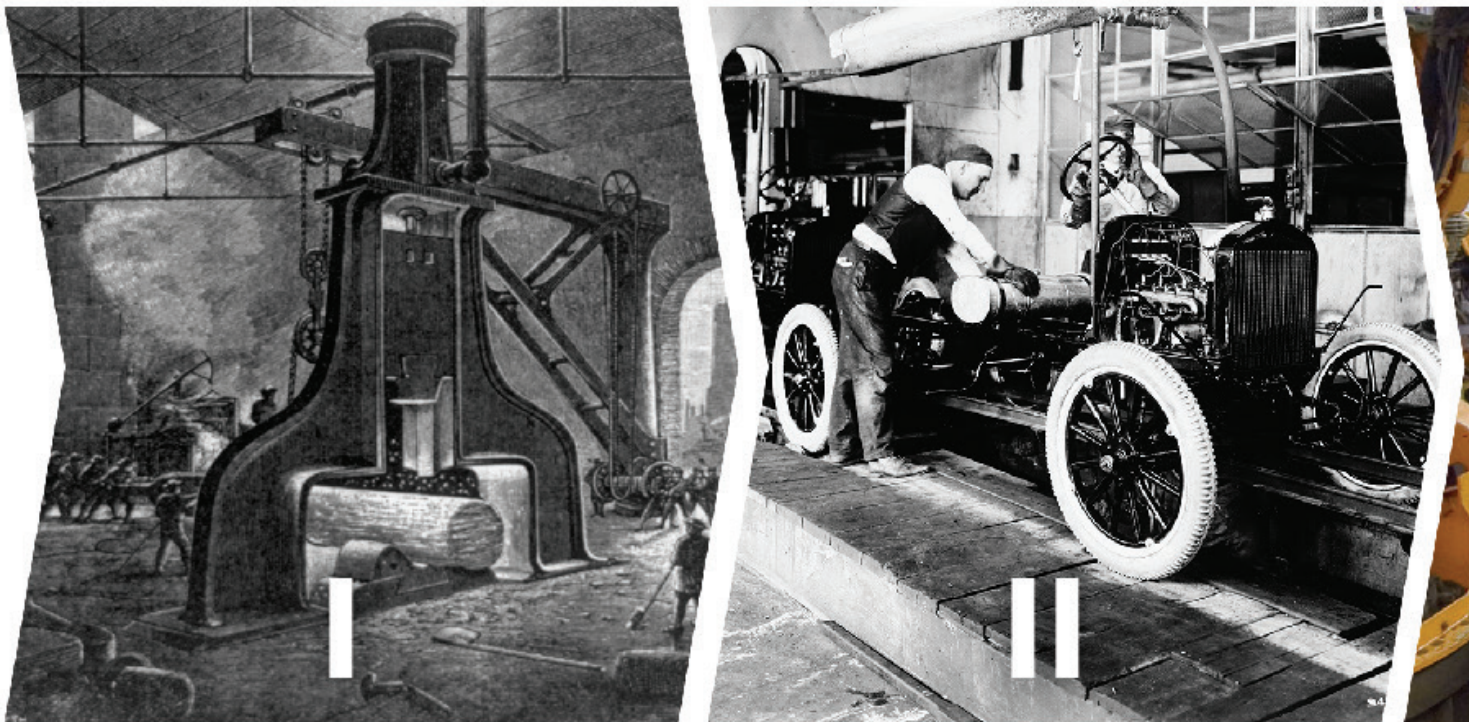


Figura 2 - Dall'Industria 1.0 all'Industria 4.0

rare un cambio di prospettiva sostanziale, che cerca di creare connessioni stabili ma flessibili fra questi strumenti ed i prodotti stessi, sia all'interno dell'azienda lungo il ciclo produttivo, che al di fuori, nel mondo reale degli utilizzatori di tali prodotti e tecnologie (R. Pini).

Quello che però spesso viene omissivo quando si parla dell'Industria 4.0 è che l'idea di base in realtà non è nata in questi ultimi anni. Da qualche decennio infatti il dibattito intorno a concetti come il *Computer Integrated Manufacturing* (CIM),

il Machine to Machine e in particolare l'Industrial IoT hanno aperto la strada alla fabbrica del futuro in cui i sistemi aziendali e i robot sono interdipendenti ed integrati (G. Anastasi).

A tal proposito, già a partire dagli anni '80 venivano organizzate conferenze dedicate all'integrazione automatizzata tra i vari settori di un'azienda.

La corrispondenza tra le tematiche trattate e il concetto di Industria 4.0 è tale che alcuni ricercatori hanno ribattezzato quest'ultima con il nome di "CIM Reloaded" (M. Santochi).

L'idea di base dunque non è nuova, ma perché allora l'attenzione che le viene dedicata oggi è incredibilmente maggiore di quella che aveva riscosso negli ultimi anni?

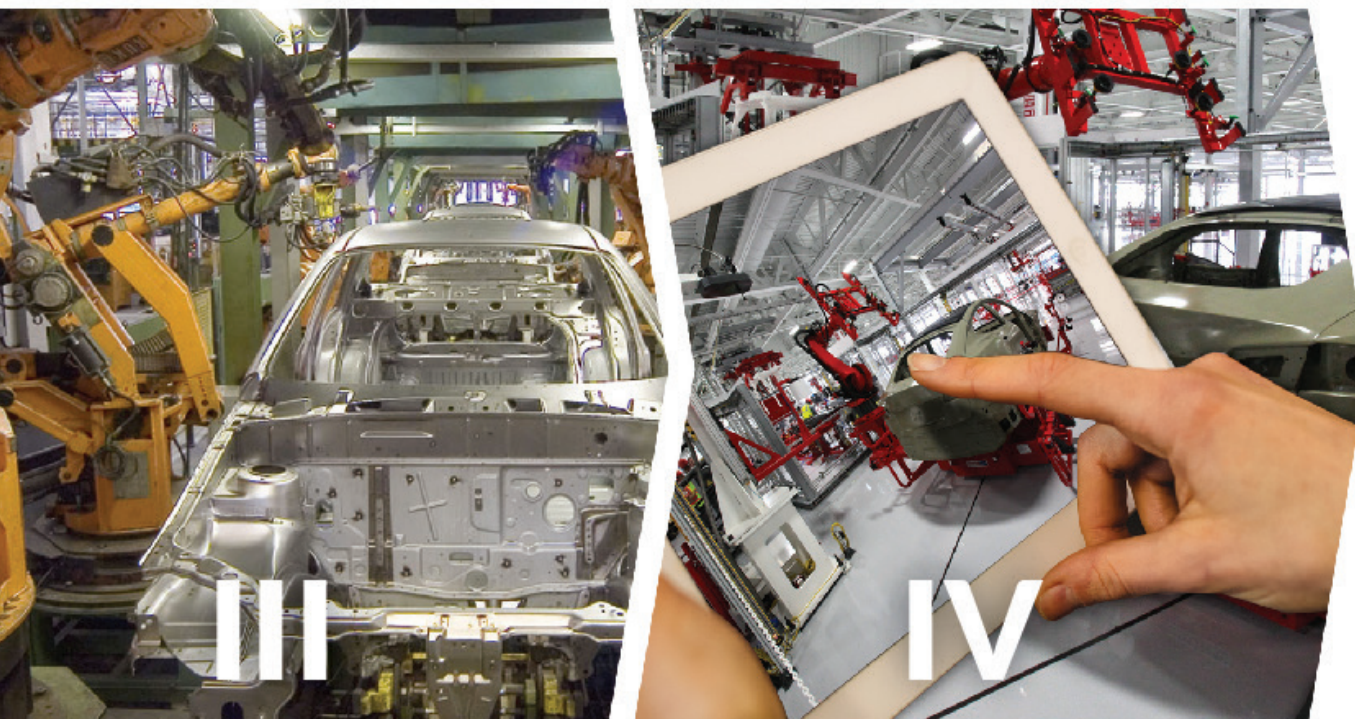
Oltre alla pressante iniziativa di marketing portata avanti da parte di un gruppo di aziende e centri di ricerca tedeschi, ci sono anche una serie di ragioni tangibili che hanno favorito l'ascesa alle cronache del concetto di Industria 4.0, nello specifico:

- Disponibilità di tecnologie più evolute, affidabili e meno costose.
- Riduzione dei costi di progettazione e sviluppo.
- Disponibilità di dati e sorgenti di informazioni esterne al processo.
- Possibilità di tradurre i processi cognitivi umani e il *know-how* degli operatori in processi automatici.

Sarà solo il tempo a dire se gli strumenti messi in campo dalla politica saranno stati in grado di favorire lo sviluppo dell'Industria 4.0, ma certamente il contesto economico e culturale in cui si vanno a inserire lascia percepire in modo chiaro quanto sia grande il lavoro da svolgere e quanto ampie siano le possibilità per le imprese che si affacciano a questo nuovo paradigma.

A tal proposito, uno studio condotto da **Staufen** nel 2015 mostra che le opportunità offerte dall'Industria 4.0 sono ancora largamente inesplorate dalla maggioranza delle aziende italiane. Quasi il 70% delle aziende intervistate afferma di non aver ancora fatto nulla a tale proposito, o al massimo di aver avviato una fase di studio iniziale, mentre soltanto il 28% di esse ha già qualche esperienza operativa alle spalle.

Dallo studio emerge come le funzioni aziendali in cui l'Industria 4.0 può avere il maggiore impatto sono la **produzione**, la **logistica**, le **vendite**,



Industria 4.0 Senza Slogan®

e la **ricerca e sviluppo**, ma spesso le aziende si trovano a non possedere le conoscenze e le competenze neces-

sarie per poter abbracciare il nuovo paradigma industriale. Infatti la preparazione dei dipendenti rispetto alla

tematica è molto limitata a prescindere dalla funzione aziendale presa in considerazione.

BOX

SVILUPPARE UN NUOVO DISPOSITIVO CON INDUSTRIA 4.0

Trent'anni fa per lo sviluppo di **M.A.R.I.O.** (si veda pagina 19), un robot antropomorfo montato su un *automated guided vehicle* (AGV) capace di fare autonomamente il *picking* dal magazzino e di spostare i pezzi da una zona all'altra in azienda, sono stati necessari 6 anni uomo di lavoro. Le risorse necessarie per il suo sviluppo sono state assorbite per la maggior parte dalla progettazione e realizzazione di molte schede elettroniche per il controllo dell'AGV, del robot e dei *gripper*, e dalla programma-

zione in Pascal del Robot e dell'AGV.

Al contrario, oggi lo sviluppo di **APPLE**, anch'esso un robot montato su AGV, è stato piuttosto breve (6 mesi uomo). Molto del lavoro è stato possibile grazie a software, *plugin* e librerie già pronte, vendute insieme all'hardware e da integrare in un unico ambiente. La difficoltà si è riscontrata nel bilanciamento delle risorse computazionali e nella capacità di eseguire compiti complessi praticamente in tempo reale e paragonabile ai tempi di operatori umani. Il costo di M.A.R.I.O. si aggirava intorno ai 300 milioni di lire nel 1990, mentre il costo di APPLE supera di poco i 100 mila euro ed ha funzionalità molto superiori.

Come emerge anche dallo studio condotto da **PricewaterhouseCoopers (PwC)**, uno degli ostacoli maggiori allo sviluppo dell'Industria 4.0 è la scarsa cultura digitale presente all'interno delle aziende europee e la sua diffusione non può che passare dalla formazione e dall'inserimento di figure altamente professionalizzate.

A dispetto della scarsa attenzione dedicata finora a questo aspetto, il ruolo dell'uomo all'interno delle aziende 4.0 e le competenze che gli operatori dovranno possedere saranno rivoluzionati a causa della diffusione del nuovo paradigma. Pertanto, accanto alle nuove direttrici di sviluppo che il mondo della scuola e dell'università sta già percorrendo per allinearsi alle nuove esigenze emerse con l'Industria 4.0, anche le aziende saranno chiamate ad aggiornare le competenze dei loro dipendenti se vorranno continuare a competere con successo.

Infatti, gli scenari apocalittici che descrivono l'Industria 4.0 come un mondo in cui l'uomo non esiste e tutte le attività sono svolte dalle macchine sono lontani dal verificarsi e verosimilmente non si verificheranno mai. È necessario tenere ben presente che, al contrario, ci sarà un crescente bisogno di operatori più capaci e che siano in grado di unire nuove compe-

tenze tecniche a maggiori flessibilità e motivazione. L'uomo continuerà ad essere elemento centrale del mondo dell'impresa, ma andrà a svolgere attività e mansioni diverse da quelle che tradizionalmente gli sono state attribuite finora. Assisteremo quindi all'elevazione della figura dell'operatore che, anziché essere "escluso dai giochi", diventerà sempre più la men-

te pensante capace di sfruttare al meglio le tecnologie presenti in azienda controllando in modo integrato macchinari e processi.

L'adeguamento del capitale umano deve riguardare tutti i livelli dell'azienda, e il vertice aziendale e i consigli di amministrazione non saranno esenti da questo cambiamento. Come pos-

BOX

QUALI COMPETENZE PER L'INDUSTRIA 4.0?

Abbracciare il paradigma dell'Industria 4.0 significa gestire in maniera integrata persone, macchine e prodotti. Se i processi produttivi conoscono una sostanziale trasformazione, anche le persone sono chiamate a contribuire allo sviluppo aziendale in maniera nuova acquisendo nuove competenze. Il rapporto 2016 "Future of Jobs" del **World Economic Forum (WEF)** evidenzia come tra le nuove funzioni aziendali si collochi al primo posto la figura del "Data Analyst", che aiuti le aziende

a comprendere e a capitalizzare le informazioni tratte dall'enorme quantità di dati generati dalle nuove tecnologie.

Al secondo posto si collocano gli addetti alle vendite con un'alta specializzazione: praticamente ogni industria avrà bisogno di figure altamente qualificate che sappiano commercializzare e spiegare i loro prodotti dall'alto contenuto tecnologico e innovativo ad altre aziende, consumatori o organismi governativi. Finora l'attenzione si è concen-

trata sull'assunzione di personale qualificato, ma le aziende dovranno affrontare il problema di riqualificare gli operatori esistenti, questione tutt'altro che semplice se consideriamo che nei Paesi Ocse dal 45 al 60% della forza lavoro, in Italia quasi il 50%, ha zero o scarse capacità informatiche.

Il rapporto WEF elenca le 10 abilità principali che si affermeranno entro il 2020.

Oltre alle competenze tecniche si pone il problema di far acquisire le soft skill necessarie ad interagire nella nuova dimensione aziendale.

Al primo posto rimane la capacità di risolvere problemi complessi e guadagnano posizioni la capacità di pensare in maniera critica, legata al fatto che ci saranno meno ruoli puramente esecutivi, e la creatività. Con la valanga di nuovi prodotti, nuove tecnologie e nuove modalità di lavoro, gli operatori dovranno dimostrare capacità creativa per trarre il massimo beneficio da

questi cambiamenti. La capacità di negoziazione perde qualche posizione perché in tali casi saranno i robot a prendere decisioni al posto degli uomini, grazie alla capacità di processare enormi moli di dati. Infine, da notare che scompare dalla lista la capacità di ascolto attivo e fa il suo ingresso l'intelligenza emotiva (A. Magliocchi).

sono essi esercitare la loro funzione strategica e di controllo se non hanno le adeguate competenze per comprendere l'evoluzione degli scenari competitivi, i nuovi rischi e le minacce insite nella digitalizzazione delle industrie? Viene quindi a crearsi la necessità per le aziende di dotarsi di figure professionali in grado di prendere decisioni strategiche nel nuovo contesto competitivo, i cosiddetti Digital Director. Il tema è così rilevante che tra gli addetti al settore si è iniziato a parlare perfino di IT quota (A. Rigolini).

Su tali dinamiche di cambiamento delle modalità di lavoro e delle mansioni che le persone andranno a svolgere all'interno delle aziende avrà un grande impatto lo smart working. Tale approccio andrà a impattare infatti sia sulla vita delle persone che sulle politiche di sviluppo delle città.

Come sottolineato dallo studio di PwC, l'Industria 4.0 e la digitalizzazione delle attività imprenditoriali avranno un impatto notevole sull'economia al punto di incrementare i ricavi e ridurre i costi per centinaia di miliardi di dollari nei prossimi anni.

A tal proposito, il concetto di Industria 4.0 supera i limiti tipici dell'industria

manifatturiera, ma abbraccia anche molti altri mondi del sistema economico innescando innovazioni dirompenti che annullano modelli di business consolidati, rompendo le tradizioni e rivoluzionando l'intera catena del valore (dalla subfornitura alla distribuzione).

L'economia digitale ha determinato l'improvviso declino o la caduta fulminea di modelli di business storici che erano ampiamente consolidati nei settori più svariati (si pensi ai classici esempi di **Polaroid, Motorola, Nokia, Blockbuster**) rimpiazzandoli con modelli completamente diversi (si pensi ad esempio a AirB&B nel settore turistico o Netflix nel broadcasting).

La digitalizzazione ha quindi impattato trasversalmente i diversi settori produttivi e del terziario e verticalmente sia grandi che piccole e medie imprese, ma anche artigiani, operatori turistici e professionisti che si sono trovati a competere in nuovi mercati da cui sono gradualmente scomparsi i player tradizionali, che vengono sostituiti da nuovi "artigiani digitali (makers), da nuove tipologie di operatori (**Uber**), da sistemi di pubblicità liquidi (**Tripadvisor**).

Da quest'analisi si comprende come non esistono settori

Grazie allo sfruttamento delle nuove tecnologie digitali ci sarà un considerevole sviluppo dello smart working: alcune attività che finora era necessario svolgere in loco, come il monitoraggio della produzione, si potranno svolgere da remoto. Tutto questo sarà possibile investendo nelle reti di comunicazione e consentirà di evitare di spostare continuamente le persone dalla periferia al centro cittadino per lavorare.

immuni al cambiamento, infatti i processi di digitalizzazione e la rapidità con cui circolano i beni e le informazioni è così alta che assistiamo a velocissimi cambiamenti del panorama competitivo ed al completo superamento di formule imprenditoriali che fino a ieri sembravano inattaccabili (S. Bianchi Martini).

Tutto questo ha inoltre implicazioni pratiche sui modelli di previsione (forecast) che tendono a funzionare molto meno o a non funzionare proprio, sulla costruzione di roadmap stabili per il futuro (foresight) e sulla possibilità di poter disegnare scenari credibili oltre i tre anni.

Alla luce di queste dinamiche si comprende come emerga l'impellente necessità di ridurre i tempi di sviluppo di nuovi prodotti/servizi, il time to market e la velocità con cui rivedere i modelli di business e per converso le modalità con cui le decisioni strategiche vengono prese (S. Bianchi Martini).

All'interno di questo percorso però, per quanto le tecnologie facciano la parte del leone consentendo di digitalizzare e integrare le catene del valore, i prodotti/servizi e i modelli di business, saranno sempre le idee ad essere la discriminante tra il successo e il fallimento delle aziende. Proprio per questo, oggi come ieri, saranno l'imprenditore, la sua visione e la squadra di persone che lavorano con lui/lei a fare la differenza.

BOX I VANTAGGI DELLO SMART WORKING



Come approcciarsi all'Industria 4.0

Con Industria 4.0 si parla di rivoluzione industriale, ma molto spesso ne sentiamo parlare come di una serie di tecnologie per migliorare la produttività.













Un aggiornamento tecnologico migliora la produttività dei soggetti e delle filiere esistenti, una rivoluzione industriale, invece, abilita nuovi soggetti, prima inesistenti e inimmaginabili (A. Di Benedetto).

Una parte del mondo sta scommettendo che la prossima rivoluzione, quella che sta avvenendo ora e che porterà internet nel mondo fisico, che conetterà macchine, oggetti e non solamente persone, che produrrà una mole di dati mai vista prima da analizzare e utilizzare, che permetterà di produrre pezzi unici a costi mai visti prima, farà nascere dei nuovi soggetti, di due tipi: produttori di nuove tecnologie abilitanti e nuovi soggetti nel mondo della manifattura, del cibo, della logistica, del turismo che

sapranno per primi cogliere i vantaggi competitivi delle nuove tecnologie e sapranno interpretare la modificazione delle piattaforme culturali del consumo.

L'integrazione è uno dei concetti centrali all'interno del paradigma dell'Industria 4.0. Essere un'azienda 4.0 significa riuscire ad integrare le attività che hanno un'influenza reciproca sia tra di loro che con i soggetti che compongono la catena del valore.

La struttura delle aree funzionali varia

 PRODUZIONE	 LOGISTICA INTERNA	 ACQUISTI	 MANUTENZIONE	 LOGISTICA ESTERNA	 DISTRIBUZIONE E VENDITE	 SERVIZI POST-VENTITA
robot cobot rfid/nfc microcontrollori sensori cloud processori plc	droni agv gps indoor rfid dispositivi di visualizzazione cloud auto-unloading	rfid sensori block chain auto-unloading	wearable devices sensori realtà aumentata tablet cloud	droni block chain rfid sensori cloud gps	sensori cloud microcontrollori data minig microprocessori	piattaforme web sistemi di diagnostica automatica
 RISORSE	sensori		microprocessori	microcontrollori		attuatori
 RETE	wi-fi	bluetooth	3G 4G	rfid/nfc	5G lpwan	zigbee
 CYBER SECURITY	firewall		sistemi di crittografica			block chain
 BIG DATA & ANALITICS	fog		data mining	intelligenza artificiale		cloud
 SIMULAZIONE	agent based		system dynamics		discrete events	

Industria 4.0 Senza Slogan®

Figura 3 - Framework contenente le tecnologie che caratterizzano Industria 4.0

da un'azienda all'altra, ma è comunque possibile individuare le funzioni tipicamente presenti. In questo opuscolo saranno trattate: la **produzione**, la **manutenzione**, la **logistica interna** e la **logistica esterna**, gli **acquisti**, le **vendite**, e i **servizi post vendita**: queste aree funzionali racchiudono tutte le attività operative della catena del valore. Al contrario non sono trattate le attività di supporto, ovvero tutte quelle che non contribuiscono direttamente alla creazione dell'output, in quanto sono attività orizzontali i cui miglioramenti derivano dalle attività primarie. Vengono tuttavia analizzate le tecnologie che hanno una rilevanza orizzontale e che contribuiscono all'adozione di sistemi 4.0 a prescindere dall'area funzionale presa in considerazione.

L'insieme di tecnologie abilitanti

dell'Industria 4.0 formano un'architettura di riferimento modulare, in grado di adattarsi alle necessità della singola azienda.

L'ingresso dell'ICT nell'industria implica non solo l'integrazione di tecnologie ICT nei processi aziendali, ma soprattutto la necessità che funzioni aziendali diverse siano in grado di interagire tra loro utilizzando le tecnologie ICT sia per i nuovi flussi di dati sia per complementare o sostituire la strumentazione, i flussi di dati e i flussi documentali preesistenti. La scelta delle tecnologie, della profondità dell'intervento, e dell'architettura del sistema sono quindi critiche per il successo

dell'adozione di sistemi 4.0 (G. Iannaccone).

Il *framework* in **Figura 3** racchiude le tecnologie che caratterizzano l'Industria 4.0 associandole alle aree funzionali in cui trovano maggiori applicazioni o alle attività che supportano l'adozione di sistemi 4.0 a prescindere dall'area funzionale presa in considerazione.

A differenza di altre pubblicazioni sul tema, l'opuscolo non approfondisce *l'additive manufacturing/3D printing*, tecnologia ampiamente enfatizzata dalle errate previsioni di analisti molto noti e che non sembra ad oggi aver mantenuto le promesse. Questa scelta si basa sulla considerazione che, sebbene venga considerata spesso alla stregua delle altre tecnologie abilitanti, *l'additive manufacturing* non

sembra rispondere a tale auspicio nell'ambito dell'Industria 4.0 per via dei limiti intrinseci dovuti ai tempi di lavorazione e al costo dei pezzi prodotti.

Il 3D printing si rivela piuttosto uno strumento ottimo nella progettazione, nella materializzazione di un primo abbozzo di prodotto, nella prototipazione, ed in alcuni tipi di produzione in cui la personalizzazione è elemento imprescindibile come bite dentali, protesi e tutori (S. Barone), o nelle produzioni su commessa (L. Bertini).

In ogni caso questa rimane una tematica molto calda in ambito di ricerca e di sperimentazione anche in virtù dei diversi tipi di materiali utilizzabili, come ad esempio metalli (L. Bertini), polimeri (A. Razionale, M. Lanzetta), materiali biologici e biocompatibili incluso l'elettrospinning (G. Vozi, C. De Maria).

Così come accade per le aree funzionali, anche a livello di situazione di partenza le aziende si trovano verosimilmente in una situazione comune.

In particolare è plausibile immaginare che da un lato ci sia bisogno di individuare nuovi strumenti per migliorare le proprie performance ed essere competitivi, e dall'altro ci siano una struttura e un *know-how* da valorizzare senza perdere i tratti che hanno permesso all'azienda di operare finora all'interno del mercato.

In tale prospettiva si inseriscono le opportunità derivanti dal paradigma dell'Industria 4.0 e partendo da queste è necessario riflettere su quali siano le modalità più appropriate per esplorare questo nuovo mondo.

L'Industria 4.0 dovrebbe dare forma al concetto di intelligenza sinergica

fra ambienti, macchine, materiali e persone. L'intelligenza sinergica è fortemente influenzata dalla comunicazione, dalla sua ricchezza e dalla sua multidirezionalità. Se la comunicazione nell'Industria 3.0 si limitava al controllo (anche remoto) dell'uomo sulle macchine, in cui l'operatore trasmetteva un comando e la macchina eseguiva in maniera deterministica l'attività assegnata, in maniera molto più intelligente, nell'Industria 4.0, si cerca di stabilire una comunicazione bidirezionale fra l'uomo e le macchine, fra i sistemi software, gli operatori e le macchine. Tale flusso bidirezionale permette all'operatore di ricevere *feedback* dalla macchina che sta teleoperando, di conoscere come sta eseguendo il *task* (se in accordo con quanto previsto oppure se con variazioni, grandi o piccole che siano), di capire quali azioni intraprendere e quali scelte adottare.

La possibilità di ottenere dati dalle macchine (ad esempio relativi a consumi, rumori e calore generato) deve trovare un duale in un sistema ICT in grado di ricavare informazioni rilevanti dalle macchine, immagazzinare i dati ed elaborarli.

Per garantire il funzionamento di questo sistema diventa cruciale l'affidabilità delle reti di comunicazione (F. Oppedisano) e dei servizi erogati attraverso di esse (L. Russo).

Il passaggio dall'Industria 3.0 all'Industria 4.0 non è banale in quanto si supera un approccio basato su un sistema tendenzialmente reattivo per perseguire un modello teoricamente proattivo. Per essere realmente proattivi è però necessario aver sviluppato in precedenza dei modelli capaci di simulare accuratamente i processi

aziendali. La simulazione in presenza di dati continui provenienti dalle macchine può dare i migliori risultati, fornendo previsioni realmente accurate e divenendo uno strumento da usare in modo costante (e non sporadicamente come avviene oggi). L'investimento nello sviluppo dei modelli ha naturalmente un costo tanto più elevato quanto più fine è la grana dei modelli sviluppati.

Quindi la chiave di volta non sta solo nell'adozione di nuove tecnologie abilitanti, ma anche, e soprattutto, nella loro integrazione con le tecnologie esistenti. Per fare questo però è necessaria una ridefinizione del modo di lavorare, delle attività necessarie, dell'approccio culturale, che rende l'organizzazione sempre più cosciente di tutto quello che succede nell'azienda nel suo complesso.

Per quanto delicata, e degna di essere gestita e pianificata con estrema attenzione, l'adozione di soluzioni dell'Industria 4.0 consente all'azienda di migliorare le proprie performance e di ottenere una vasta gamma di benefici che si possono riversare su ogni area di attività come da **Figura 4**.

Come già evidenziato, molte volte la fabbrica 4.0 è associata alla visione di un'azienda svuotata degli operai, occupata completamente da macchine, completamente automatizzata in cui non succedono imprevisti di alcun tipo, e tutto è perfettamente coordinato, monitorato e gestito real-time.

Trattare il concetto di Industria 4.0 in questi termini è, però, come parlare di un film di fantascienza che descrive una realtà molto diversa da quella attuale. Come accaduto per le videochiamate raccontate da Stanley Kubrick e Arthur C. Clarke in **2001: Odissea nello spazio** nel 1968, e oggi di

Possibilità di rilevare, visualizzare e modificare in tempo reale i parametri di produzione
 Possibilità di ottimizzare la produzione in base a criteri diversi
 Efficientamento del consumo energetico
 Controllo automatico dell'utilizzo dei DPI

PRODUZIONE

Movimentazione automatica delle merci e loro tracking in azienda
 Efficientamento del processo di gestione delle merci in ingresso
 Gestione automatizzata dei magazzini

LOGISTICA INTERNA

Possibilità di riordinare in modo automatizzato le merci in esaurimento
 Possibilità di avere transazioni condizionate allo stato della merce
 Certificazione automatica delle transazioni

ACQUISTI

Acquisizione di dati di utilizzo del prodotto
 Diminuzione dei costi di assistenza e marketing
 Generazione di nuovi servizi post-vendita anche da remoto
 Aumento della possibilità di personalizzazione dei servizi ed update del prodotto

SERVIZI POST-VENDITA



DISTRIBUZIONE E VENDITE

Acquisizione di dati di acquisto o di interazione direttamente dallo scaffale del negozio
 Acquisizione di dati di vendita reali e real time
 Automatizzazione della fatturazione

LOGISTICA ESTERNA

Automazione del carico /scarico di magazzino nel sistema gestionale
 Automatizzazione dello scheduling dell'unloading
 Aumento del coordinamento trasportatore/magazzino interno
 Modellazione dei comportamenti dei diversi attori lungo la supply chain

MANUTENZIONE

Passaggio da una manutenzione preventiva ad una manutenzione predittiva
 Aumento della sicurezza degli operatori
 Riduzione dei tempi e costi di formazione degli operatori
 Riduzione dei tempi di fermo macchina

Industria 4.0 Senza Slogan®

Figura 4 - Quadro dei vantaggi che Industria 4.0 può portare ad ogni area aziendale

uso comune.

L'Industria 4.0 in realtà deve essere pensata alla luce della capacità di ciascuna impresa di integrare personale, macchine, magazzini, trasporti in un unico organismo. Tutto questo potrà essere sviluppato in modi e tempi diversi a seconda del livello attuale delle singole imprese, a prescindere dal settore in cui operano e dalla loro dimensione.

Le grandi aziende, in virtù delle loro risorse e della loro capacità di innovazione, hanno già digitalizzato i loro processi nel tentativo di automatizzarli. L'investimento nell'ICT e nell'integrazione con l'intera *supply chain* è infatti un passo che è già stato valutato ed intrapreso dai grandi player e da una parte della loro catena di subfornitori. Tali investimenti sono legati alla necessità di avere un sistema che gestisca l'enorme mole di dati che devono essere elaborati e comunica-

ti alle funzioni aziendali coinvolte nel processo: dalla pianificazione degli acquisti alla fatturazione, dalla produzione alla logistica interna ed esterna.

Peraltro i dati estratti dai processi aziendali (dalle macchine, dai magazzini, dagli ordini) devono essere tradotti più volte per poter parlare con i diversi software presenti in azienda e poter così fluire senza ostacoli nel flusso. Sarebbe altrimenti impensabile riuscire a portare a termine una consegna senza un sistema altamente tecnologico che segua rigorosamente il processo e permetta una tracciatura delle attività svolte, delle movimentazioni dei prodotti, e che consenta una corretta allocazione dei costi. Sfortunatamente i sistemi di cui sopra sono grandi, rigidi e volti all'ottimizzazione di strutture aziendali di grande dimensione e spesso su stabilimenti diversi.

Ed è proprio la rigidità di questi sistemi

così all'avanguardia che ha fatto sì che non venissero adottati diffusamente anche dalle imprese medio-piccole, il cui punto di forza risiede proprio nella grande flessibilità operativa e gestionale. Ammesso che possano permetterseli, se le PMI adottassero sistemi ICT rigidi come **SAP**, **ORACLE** o come quelli sviluppati nell'ambito dell'Industria 4.0 da colossi quali **Siemens** e **General Electric**, si troverebbero, per mantenere la loro alta flessibilità, a dover spesso aggirare il sistema.

Grazie alle tecnologie odierne, e con un po' di lavoro sartoriale e di adattamento, è possibile far convivere la flessibilità di una piccola-media impresa con un sistema ICT tecnologicamente avanzato che permette di sfruttare le informazioni elaborate a partire dai dati rilevati durante il processo e di ottimizzare il processo stesso, come finora è stato fatto solo dalle grandi aziende.



Figura 5 - Percorso di riferimento per l'implementazione dei concetti dell'Industria 4.0

E allora in che modo un'impresa e soprattutto una piccola o media impresa può diventare un'azienda 4.0?

Non esiste una ricetta unica, una tecnologia unica che permetta a tutte le aziende di ottenere i vantaggi sopracitati, per questo motivo è necessario un percorso di analisi dell'azienda e di esplorazione delle tecnologie disponibili prima di decidere quali sistemi adottare. (A. Bonaccorsi)

Tutte le imprese infatti sono diverse tra loro, trattano materiali diversi, hanno cicli produttivi diversi, hanno planimetrie diverse, sono formate da persone con *background* diversi. Inoltre la scelta di come declinare la nuova filosofia del 4.0 dipende dalle strategie aziendali e dalla visione del management.

In un contesto sempre più globale e competitivo tutte le aziende si trovano ad affrontare sfide che vanno dalla necessità di rendere più efficienti i processi al desiderio di creare nuove posizioni di vantaggio competitivo: per questo le nuove tecnologie non possono essere messe in secondo piano.

La vasta gamma di soluzioni tecnologiche disponibili costringe le aziende a confrontarsi con nuovi approcci spesso lontani da quelli a cui sono abituate, ma allo stesso tempo nessuna azienda si può esimere dal valutare gli investimenti da fare nel campo dell'Industria 4.0.

Al giorno d'oggi puoi vivere senza uno smartphone ma quando gli amici si organizzano su Whatsapp per andare a mangiare

una pizza ti puoi sentire escluso; allo stesso modo puoi scegliere di non adeguare la tua azienda a Industria 4.0, ma il rischio di sentirti escluso dal mercato è piuttosto alto (G. Ferrara).

Lo schema in **Figura 5** rappresenta la base da cui partire per la realizzazione di strategie orientate all'Industria 4.0 e ricalca approcci consolidati a livello internazionale.

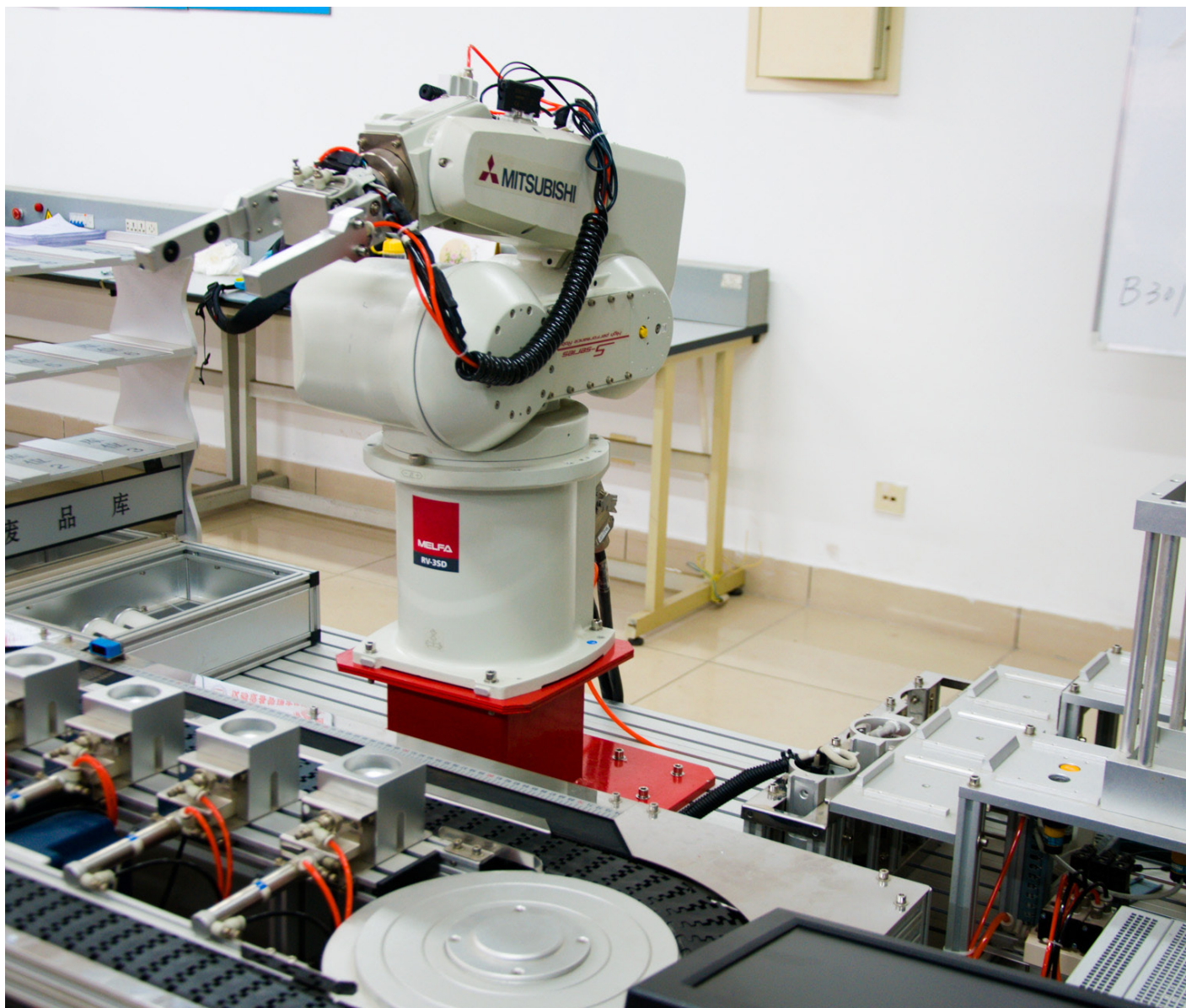
Nel primo passo viene eseguito un **audit** per analizzare la situazione iniziale, le tecnologie già adottate dall'azienda, le tecnologie che invece sono mancanti e quali tra queste sono necessarie per cominciare il percorso verso la fabbrica 4.0. Per affrontare al meglio questo primo passo le aziende possono beneficiare dell'esperienza di soggetti esterni che abbiano una vasta conoscenza delle tecnologie e delle loro applicazioni, degli **agenti tecnologici** che siano in grado di individuare gli investimenti più appropriati da realizzare e che possono identificare chiaramente costi e benefici. In questo modo l'azienda potrà scegliere i processi da aggredire sulla base di ciò che viene rilevato o misurato piuttosto che seguire le mode o rincorrere i competitor.

Successivamente, sulla base della situazione iniziale, viene valutato lo **scostamento** rispetto alla situazione attuale potenziale e vengono redatti i **piani di miglioramento**. A questo si affianca un'**analisi economico-finanziaria** finalizzata a quantificare sia l'ammontare dell'investimento che eventuali fonti di finanziamento.

Solo a quel punto, se la direzione deciderà di effettuare l'investimento, si passerà all'adozione e all'implementazione, effettuando anche la misura-

zione e l'analisi delle performance.

Il *framework* è ciclico perché spesso per le aziende, specialmente se di piccole-medie dimensioni, può essere preferibile implementare le nuove tecnologie per *step* successivi in modo da non esporsi a rischi troppo elevati e in modo da verificare l'effettiva efficacia di un intervento prima di ricorrere al successivo.



Produzione

Nel cuore del valore

Le soluzioni tipiche di Industria 4.0 non costituiscono un elemento di assoluta novità nell'ambito dei sistemi di produzione.

Per certi versi, si potrebbe affermare che il processo a cui si è assistito è paragonabile a quello avvenuto per la Lean Manufacturing, la quale riprendeva principi di efficienza, di riduzione degli sprechi e di flessibilità che esistevano già in precedenza (Gino Dini).

Allo stesso modo l'Industria 4.0 non si basa su tecnologie nuove, ma sulla

loro evoluzione e sulla loro combinazione.

In particolare alcune di esse si sono evolute al punto tale da permettere lo sviluppo di interessanti applicazioni che precedentemente non erano realizzabili.

Sono numerose, infatti, le tecnologie che è possibile adottare in questo ambito e che, sebbene non siano nuove, oggi possono essere applicate con costi di acquisto ragionevoli e con sforzi di integrazione sostenibili.

D'altro canto, le nuove tecnologie di

acquisizione ed analisi dati stanno radicalmente cambiando il funzionamento delle macchine di produzione.

Le macchine utensili più moderne sono in grado di monitorare continuamente il processo, suggerire setup migliori ed in genere garantire prestazioni più elevate. (G. Campatelli).

Questa innovazione tecnologica nel settore manifatturiero, fortemente

connessa con le ICT, sta incrementando ulteriormente le prestazioni dei processi produttivi, riducendone i costi

Fino a qualche anno fa dotare di sensori e di una scheda elettronica di controllo una macchina che non fosse stata progettata in quell'ottica era estremamente complesso a causa dei costi della tecnologia e della complessità legata all'adattamento della tecnologia stessa alla soluzione in questione. Oggi invece esistono dispositivi estremamente economici che garantiscono performance di tutto rispetto e la possibilità di essere configurati in modo semplice e veloce per assolvere alla funzione necessaria.

Un esempio emblematico di tale evoluzione nell'ambito dei robot è **M.A.R.I.O. (Multi-purpose Autonomous Robot for Industrial Operations)**. M.A.R.I.O. (finito di sviluppare nel 1992) è un robot antropomorfo montato su un carrello AGV in grado di prelevare pezzi dalla fonderia, spostarli su un tornio a Controllo Numerico (CN) e poi su un centro di lavoro a CN. Questo robot fa parte dei cosiddetti *Flexible Manufacturing Systems (FMS)*, ossia sistemi in grado di

adattarsi alle modifiche della produzione essendo adatti a gestire diverse tipologie di prodotti. La diffusione degli FMS, il cui principio di flessibilità è presente anche nell'Industria 4.0, è avvenuta negli anni '70 quando grazie alle nuove tecnologie dell'Industria 3.0 si cercava, attraverso l'automazione flessibile, di garantire la produzione di prodotti caratterizzati da volumi medio-bassi e da varietà medio/alta.

D'altro canto, il sistema **APPLE** è un M.A.R.I.O. dei giorni nostri. Si tratta infatti di un altro esempio di robot montato su un AGV: è composto da un carrello AGV in grado di muoversi su due dimensioni con minimi ingombri durante il cambio di traiettoria. Il sistema è in grado di rilevare e prelevare un pallet da una zona di carico designato utilizzando una telecamera a luce strutturata. Per la localizzazione adotta un sistema laser mentre come sistemi di sicurezza a bordo utilizza un *laser scanner* e una fotocamera per rilevare e tracciare operatori dotati di indumenti di sicurezza riflettenti. Inoltre, per l'ulteriore sicurezza degli operatori, il sistema APPLE usa un proiettore che indica visivamente a terra il percorso che verrà compiuto dall'AGV. Il robot che si dedica alla manipolazione è equipaggiato con un

gripper a due dita dotate di nastri trasportatori all'interno di ogni falange e capace di afferrare e "risucchiare" oggetti molto diversi tra loro. Per il riconoscimento degli oggetti è stato usato il dispositivo Structure IO che è montato sul *gripper* stesso.

Un video sul funzionamento del robot APPLE è disponibile al link: https://www.youtube.com/watch?v=p8rjaO_Q8io

L'Industria 4.0 però fa un passo in avanti rispetto agli FMS in quanto è la digitalizzazione che diventa l'elemento chiave per rendere veramente flessibili gli impianti. Nello specifico si mira ad ottenere la possibilità di riconfigurare la produzione senza la necessità di modificare la struttura delle linee di produzione ed assemblaggio (hardware), ma modificando "soltanto"

il programma che ne gestisce il funzionamento (software). Questo tipo di possibilità determina una rivoluzione nei sistemi industriali e mette alla luce l'evidente sproporzione in termini di risorse necessarie che intercorre fra una modifica hardware degli impianti o delle macchine e un adeguamento del software.

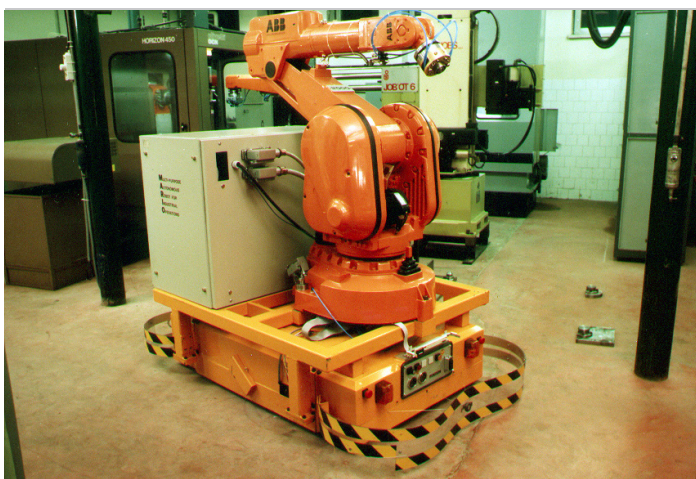


Figura 6 - M.A.R.I.O. all'opera in uno scenario che imita quello di uno stabilimento (anno 1992, cortesia F. Failli)

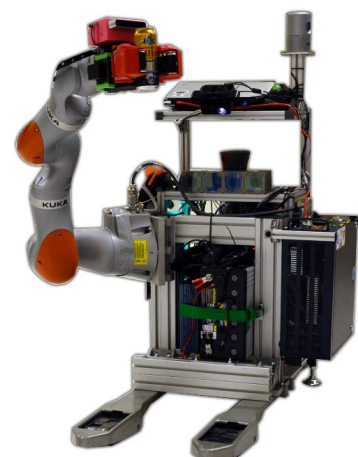


Figura 7 - Robot Apple (2016)

SCHEDE ELETTRONICHE DI CONTROLLO, COSA, QUANDO E COME

Esistono vari tipi di schede elettroniche di controllo. Principalmente nell'automazione industriale si parla di **PLC** (Controllori a Logica Programmabile), microcontrollori (tipo **Arduino**), di microprocessori (tipo la **RaspberryPi**) come fossero sinonimi, ma in realtà esistono differenze che in questo opuscolo non possono sicuramente essere approfondite.

I PLC sono unità di controllo usate per la gestione dell'automazione industriale; queste schede integrano un microcontrollore o un microprocessore e vari sistemi atti alla gestione degli input e degli output (segnali analogici, digitali e/o di potenza). I PLC si programmano con il linguaggio Ladder, un linguaggio con stile di programmazione grafica non molto complesso e che ne-

cessita "solamente" di una conoscenza dei circuiti elettrici e delle logiche di funzionamento del macchinario per essere utilizzato correttamente.

Arduino è un microcontrollore programmabile con il linguaggio C, ma che da alcuni anni è programmabile anche in **Python**, linguaggio molto conosciuto e insegnato anche nelle scuole perché è semplice da imparare e corredato di un'ampia serie di librerie. Arduino si programma facilmente e si può riprogrammare con altrettanta facilità, per questo è molto usato soprattutto nello sviluppo di prototipi, anche se si cominciano a vedere alcune applicazioni industriali basate su questo microcontrollore.

Le schede di controllo sono diventate ormai un elemento irrinunciabile per l'automazione industriale.

Sebbene i microcontrollori siano strumenti molto versatili ed abbiano un costo piuttosto contenuto (qualche decina di euro), quando servono schemi interattivi o sistemi di visualizzazione i microcontrollori mostrano limiti importanti nella capacità di elaborazione e di rendering di immagini ed icone, e per questo si rende necessario ricorrere ai microprocessori, che possono essere definiti dei "piccoli" computer. RaspberryPi è una delle schede a microprocessore più diffuse.

Attualmente Arduino e RaspberryPi (o schede di controllo equivalenti) non sono particolarmente diffuse in ambito industriale perché ancora

non rispondono ai requisiti di resistenza alle condizioni tipiche della fabbrica: ampi range di temperatura sopportabili, elevata umidità, affidabilità tipiche delle applicazioni industriali. Tuttavia, si cominciano a vedere le prime applicazioni industriali come il gateway IoT SIMATIC IOT2020 sviluppato da **Siemens**. Il vantaggio di questo nuovo gateway è che semplifica il lavoro dei programmatori garantendo una semplice integrabilità dei programmi provenienti dal mondo Arduino (un enorme ecosistema di programmi e librerie open source) e simultaneamente un dispositivo compatibile con le applicazioni industriali in

quanto dotato di tutte le stringenti certificazioni che sono necessarie per operare in questo ambito.

Le schede di controllo sono diventate ormai un elemento irrinunciabile per l'automazione industriale, e data la diffusione sempre più alta di microcontrollori e microprocessori, il numero di schede tra cui scegliere per realizzare una certa applicazione è molto ampio, il che permette di poter scegliere sempre la scheda più opportuna in base al suo campo di applicazione e alle specifiche richieste dal caso particolare (oltre a quelle obbligatorie per legge).

Grazie allo sfruttamento delle tecnologie digitali e dei dati raccolti, i sistemi di produzione potranno adattarsi automaticamente alle condizioni in cui stanno operando grazie all'integrazione con metodi di auto-apprendimento da parte della macchina.

Questo permette di ottenere una flessibilità completa, quella necessaria alle piccole medie imprese che lavorano su lotti medio-piccoli (A. Bicchi).

In quest'ottica l'integrazione tra le macchine nuove e quelle già presenti in azienda è uno degli aspetti fondamentali da tenere in considerazione per comprendere a pieno se e come è possibile attivare un processo di riconfigurazione della produzione.

Il processo di integrazione dovrà agire anche su un livello diverso e in cui la diversità degli attori in gioco ricopre un ruolo decisivo per la buona riuscita

dell'integrazione stessa: l'interazione uomo-macchina. Tale problematica prende in considerazione la possibilità di inserire nei processi di produzione macchine avanzate capaci di integrarsi tra loro e di interagire con l'uomo, e comprende anche macchine come i robot che sono in grado di collaborare con l'uomo all'interno delle attività aziendali. Questi robot collaborativi detti **COBOT**, possono condividere lo stesso spazio degli operatori e lavorare fisicamente a contatto con l'uomo senza necessità di dispositivi di sicurezza fisici come gabbie e fotocellule tipici di un qualunque impianto industriale.

Un COBOT è molto utile nei casi in cui la lavorazione è delicata tanto da non essere fattibile da una macchina e così ripetitiva da divenire alienante per un essere umano. Esistono COBOT in grado di lavorare in sinergia con l'uomo che possono costare anche meno di 10 mila euro.

La presenza dei COBOT permette anche un maggior coinvolgimento del personale che assume sempre di più il ruolo di parte pensante del sistema. L'Industria 4.0 in questo ricalca il principio della centralità dell'uomo espresso da **Olivetti**, che era passato in secondo piano con la *Lean Manufacturing* che era invece orientata a risparmiare su tutto, compreso il personale.

Inoltre l'interazione collaborativa tra uomo-macchina permette la progettazione di nuovi servizi per il miglioramento della condizione lavorativa del personale. Questo significa progettare la collaborazione uomo-macchina allo scopo di migliorare l'ergonomia e la sicurezza degli operatori che devono svolgere operazioni in condizioni non naturali o pericolose.

La relazione tra uomo e macchina, e in particolare le specifiche che un robot deve avere per essere un COBOT sono regolate dalle normative **ISO 10218** e **ISO TS 15066**, scritte anche grazie a studi eseguiti sugli urti tra uomo e macchina (PHRIENDS <http://www.centropiaggio.unipi.it/projects/phriends-physical-human-robot-interaction-dependability-and-safety.html>).

L'Industria 4.0 punta molto anche allo sviluppo di sistemi avanzati di interazione uomo-macchina capaci di semplificare l'attività lavorativa alle persone. Lo studio di interfacce intelligenti e ritagliate sulle caratteristiche delle persone che le useranno può essere un punto fondamentale per dare uguali opportunità a tutti. Questo può trasformarsi in una maggiore inclusione di persone con disabilità nel mondo del lavoro, sempre auspicata ma poco realizzata nella pratica.

BOX

PROGETTARE UNA CONSOLLE DI GESTIONE A MISURA DI OPERATORE

Persone diverse hanno diversi modelli cognitivi e questi stanno alla base delle reazioni umane.

La progettazione moderna di queste interfacce uomo-computer dovrebbe prendere in considerazione queste differenze per ottenere i massimi benefici. Ci sono diverse pubblicazioni nelle quali si mostrano gli effetti di processi di reingegnerizzazione delle interfacce nei casi di sistemi di visualizzazione e controllo di impianti nucleari, torri di controllo negli aeroporti, e di

supervisione di sistemi ferroviari. A causa della natura di questo settore, sono necessari tempi di reazione più rapidi e sono tollerati meno errori.

Una progettazione dell'interfaccia costruita sulla base dei modelli di ragionamento del personale incaricato del monitoraggio e controllo (in genere tecnici ed ingegneri) ha dimostrato che è possibile ridurre i tempi di reazione in alcune situazioni critiche e il numero di errori.

Sensori intelligenti, piattaforme embedded, sistemi software e task automatizzati possono semplificare alcune funzionalità difficili per la persona con disabilità e renderla totalmente autonoma in ambiente industriale e capace di contribuire con le sue abilità alla creazione di valore nell'azienda in cui lavora (L. Fanucci).

Una delle possibilità offerte dalla riprogettazione degli ambienti di lavoro in ottica di Industria 4.0 è quella di riprogettare sistemi ed interfacce adattative capaci di adattarsi alle capacità della persona che ci interagirà. Questo può servire a ridurre la probabilità di errori e possibilmente il numero di incidenti ed infortuni gravi e meno gravi sul lavoro. Tra le possibili interfacce uomo-macchina la tecnologia dei **ChatBot** può ricoprire un ruolo rilevante.

Gli aspetti di miglioramento delle condizioni lavorative contribuiscono a migliorare l'efficienza: l'operatore, se coinvolto, è più consapevole degli impatti che il proprio lavoro ha sul prodotto finale, e risulta meno affaticato, meno stressato, più sereno, arrivando a lavorare in modo più efficiente. Per questo motivo è molto importante il tipo di politica aziendale sulla gestione del personale ed è fondamentale avere quindi delle metriche per misurare la condizione lavorativa dei dipendenti.

Numerose sono le testimonianze di quanto l'introduzione dei COBOT nella produzione si stia diffondendo sempre più, ad esempio **Volkswagen** ha spiegato come si tratti di "un vero e proprio lavoro di squadra, in grado di aumentare l'efficienza ma anche di conservare la forma fisica dell'operario", e lo stesso ha affermato **BMW** a proposito dei benefici fisici che l'integrazione uomo-macchina porta alla salute dei lavoratori, dicendo che

ce diventare un potente sostituto di interfacce sia fisiche che digitali: è assolutamente fattibile lo scenario in cui i macchinari sono monitorati o attuati in linguaggio naturale; le stesse piattaforme di business intelligence o l'intero database industriale possono essere gestite, analizzate e interrogate direttamente via ChatBot. Va infine considerato che la tecnologia dei ChatBot non si limita alla "semplice" comprensione del linguaggio naturale, ma è a tutti gli effetti una intelligenza artificiale in grado di imparare dalle interazioni con l'uomo e proporre nuove soluzioni adeguate al contesto industriale in cui opera.

"l'assunzione di posizioni scomode, per nulla ergonomiche, per 8 ore di lavoro al giorno significava logorare le persone e aumentare il malcontento tra gli operai".

L'Industria 4.0 include anche alcune tecnologie che nella produzione hanno conseguenze interessanti anche per quanto riguarda la sicurezza: **l'R-**

BOX

IL MONITORAGGIO DELL'AMBIENTE DI LAVORO

Un ambiente di lavoro sano, luminoso e salubre rende i dipendenti più motivati, più in salute e quindi più efficaci ed efficienti.

Ma non solo: la legge impone che il livello di qualità ambientale all'interno dell'area di lavoro sia monitorata.

L'Industria 4.0 e il basso costo della componentistica elettronica consentono oggi uno screening continuo degli inquinanti indoor, implementando una seria politica di prevenzione per la sicurezza dei dipendenti, con tutti i vantaggi che ne derivano in termini di responsabilità penali, civili e morali per il datore di lavoro.

Con una spesa di qualche centinaio di euro, oggi è possibile acquistare una stazione in grado di misurare polveri sottili, rumore, anidride carbonica e monossido di carbonio, metano o altri gas presenti nell'aria, ma anche i livelli di inquinamento elettromagnetico, radiazioni ionizzanti, gas radon, formaldeide (M. Magnarosa).

BOX

UNA NUOVA INTERFACCIA UOMO-MACCHINA

La tecnologia dei ChatBot, programmi in grado di eseguire una conversazione in linguaggio naturale, si applica con interessanti modalità al campo dell'Industria 4.0.

L'utilizzo più diffuso dei ChatBot è al momento l'implementazione di "personal assistants" in grado di semplificare l'interazione con servizi esterni, siano essi retail, food, fashion o healthcare. Nel campo dell'industria, il ChatBot può inve-

FID (Radio Frequency IDentification) e la tecnologia **NFC** (Near Field Communication).

Per RFID si intende una tecnologia grazie alla quale un'etichetta elettronica chiamata TAG è in grado di memorizzare dei dati e comunicarli, se richiesto, ai cosiddetti reader. I reader sono anche in grado di scrivere i dati all'interno dell'etichetta in modo da aggiornare le informazioni che contiene.

L'NFC è un sottoinsieme della tecnologia RFID, ed è molto più specializzata: sfrutta anch'essa le onde radio per la comunicazione, ma permette una comunicazione bidirezionale tra due dispositivi (*peer-to-peer*) e funziona solamente se i dispositivi sono molto vicini tra loro (a una distanza ottimale di 3-4 cm), senza però la necessità che vi sia un contatto. È una tecnologia ormai entrata nell'uso comune grazie alle carte di pagamento contactless.

Queste tecnologie possono dare un forte contributo nella produzione e nel campo della sicurezza dei lavoratori in quanto ad esempio è possibile utilizzarle come chiave di accesso per

poter svolgere alcune funzioni specifiche, come consentire l'accesso a zone pericolose all'interno dell'azienda solo agli addetti autorizzati e opportunamente addestrati per quella mansione, che portano con sé un badge con il TAG RFID o NFC. Con lo stesso principio è possibile vincolare l'accensione di un impianto alla presenza di uno specifico tag che l'operatore porta con sé, in modo da non consentire l'uso improprio di macchinari da parte di personale non autorizzato.

Data la loro capacità di memorizzare i dati, è possibile utilizzare dei TAG anche per eseguire la tracciabilità di ogni prodotto lungo la fase di produzione e assemblaggio. È infatti possibile memorizzare lo stato di un pezzo aggiornando il TAG ogni volta che venga fatta sul pezzo una nuova lavorazione. In questo modo si è sempre consapevoli delle lavorazioni che il semilavorato in questione ha subito e dei problemi che eventualmente ha avuto durante il ciclo produttivo.

Le tecnologie dell'Industria 4.0 permettono inoltre di migliorare la metodologia di formazione sulla sicurezza dei

lavoratori. Attraverso l'uso di opportuni hardware e software e di tecniche di Computational Intelligence e Process Mining è possibile, grazie a studi comportamentali sui lavoratori, attuare addestramenti personalizzati in base ai soggetti che ne usufruiranno (B. Lazzerini).

Ogni persona ha un *background* specifico e risponde a un modello comportamentale diverso dagli altri, per cui la stessa informazione viene recepita in modo diverso da due soggetti diversi. In ambiti importanti come la sicurezza sul lavoro l'efficacia della formazione e dell'addestramento assume un'importanza fondamentale, per cui la personalizzazione della formazione in base alle esigenze del lavoratore può portare a dei benefici tangibili.

BOX

LA TRACCIABILITÀ DIGITALIZZATA CREA VALORE PER IL CLIENTE

Alcuni produttori, soprattutto nel settore del food, dove la tracciabilità e la rintracciabilità hanno un ruolo rilevante e sono spesso cogenti, hanno visto in questo obbligo un'opportunità per migliorare la propria immagine agli occhi dei clienti e per contrastare il fenomeno della contraffazione.

Alcuni produttori di vini permettono infatti ai clienti di conoscere tramite una app mobile i dati che sono nel tag NFC presente nel prodotto che hanno acquistato.

In questo modo possono innanzitutto essere certi di non aver acquistato un prodotto contraffatto, dato che ogni tag NFC ha un codice di riconoscimento univoco, e possono accedere a tutte le informazioni che il produttore ha messo loro a disposizione, che nel caso specifico possono essere informazioni sulla cantina di provenienza o sulla temperatura consigliata, o qualunque altro tipo di dato possa rivelarsi utile.

RFID PER LA SICUREZZA

Contesto:

L'integrazione delle tecnologie digitali con i dispositivi di protezione individuale può contribuire alla riduzione del numero di incidenti sul lavoro, consentendo allo stesso tempo di assicurare il corretto svolgimento delle attività.

Vantaggi ottenuti:

- Controllo automatico dell'utilizzo dei dispositivi di sicurezza individuali
- Localizzazione dei lavoratori
- In caso di emergenza

Tecnologie utilizzate:

- RFID
- Lettore di RFID

Come riportato nella relazione annuale 2015 dell'**I-NAIL (Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni**

sul Lavoro), gli infortuni sul lavoro nel 2015 sono stati più di 600 mila, di cui circa 600 mortali. La tendenza degli ultimi anni ha visto un calo del numero degli infortuni, che però rimangono ovviamente un fenomeno da contrastare con ogni mezzo.

C'è poi da considerare il fatto che dagli infortuni derivano numerose cause legali, e che l'attribuzione della loro responsabilità non è sempre una questione facile da districare.

Il datore di lavoro, come stabilito dall'art. 18, comma 1, del D.Lgs. 81, ha l'obbligo di fornire ed assicurarsi che vengano opportunamente utilizzati tutti i **Dispositivi di Protezione Individuale (DPI)** richiesti dalle condizioni lavorative. L'art. 20 del Testo Unico stabilisce anche obblighi per i lavoratori in materia di DPI ma, per esonerare il datore di lavoro da ogni sua responsabilità, il comportamento dei lavoratori deve manifestare le caratteristiche di inopinabilità, esorbitanza e abnormità. Solo in questo caso, il datore di lavoro non è responsabile dell'eventuale incidente. In tutti gli altri casi, così come ha ribadito più volte la Cassazione, il mancato uso dei DPI è da imputare al datore di lavoro, anche se ha fornito al lavoratore tutti i DPI e non è fisicamente presente al momento dell'incidente.



Figura 8 - Schema di funzionamento del sistema di monitoraggio dell'uso dei DPI

In tale contesto è possibile utilizzare la tecnologia RFID per fare in modo che i lavoratori indossino i Dispositivi di Protezione Individuale durante lo svolgimento delle loro mansioni; è possibile dotare il personale e tutti i DPI di TAG RFID e installare un lettore di TAG in ogni zona dell'azienda. Ogni lettore rileva la presenza di ogni singolo operatore e dei dispositivi di protezione che indossano, invia i dati al cloud che li elabora e registra, e attiva un allarme nel caso in cui l'operatore non indossi i DPI idonei alla zona in cui si trova. Per fare un esempio, se un operatore entra nella zona di carico/scarico merci senza le proprie scarpe antinfortistiche si attiva un allarme in modo che si ricordi di indossarle per continuare a lavorare in sicurezza.

Questo sistema può essere un valido aiuto per il datore di lavoro in tutti quei casi in cui sono necessari i DPI, dato che ha la responsabilità sulla sicurezza degli operatori che lavorano per lui; inoltre è un sistema non invasivo che non intralcia in alcun modo il lavoro degli operatori, in quanto i TAG sono piccolissimi e possono essere "embeddati" nei DPI senza che costituiscano un ingombro.

Nella maggior parte delle PMI il controllo di qualità viene eseguito a campione, sviluppando un controllo ad hoc oppure utilizzando macchine appositamente progettate per la variante di prodotto su cui si vuole effettuare il controllo.

Queste soluzioni sono tipicamente rigide e quindi incapaci di adattarsi a produzioni diverse, cosa che rende evidente la necessità di innovare i metodi di controllo per far fronte alla flessibilità delle nuove macchine di produzione con cui si possono produrre lotti piccoli e prodotti che sono potenzialmente sempre diversi.

La visione artificiale può essere un valido strumento per elevare il controllo qualità e farlo diventare più flessibile e completo.

Un sistema di visione artificiale può essere impostato per rilevare determinati parametri in base al lotto che le macchine

stanno producendo, e permette di trasformare il controllo da campionario a totale, il che è un valore aggiunto per l'azienda che potrà certificare il controllo qualità sul 100% dei prodotti (A. Prete).

La possibilità di certificare la misura effettuata su ogni prodotto è un modo per mostrare al cliente l'attenzione che l'azienda ha per ogni suo prodotto che, nonostante possa essere diverso da quello lavorato un istante prima, è stato controllato ed è rispondente alle specifiche.

Quando si parla di controllo di processi il concetto di Industria 4.0 diventa sinonimo di *smart factory*, dove per *smart* si intende l'allontanamento delle persone dall'esecuzione di operazioni ripetitive e a basso valore aggiunto che viene demandata a macchine automatiche o a robot.

Purtroppo però questo vuol dire per-

dere gli occhi e l'intelligenza dell'operatore dal controllo del processo e con essi la possibilità di comprendere a fondo le dinamiche che stanno andando fuori controllo. I robot di oggi infatti eseguono perfettamente il *task* per cui sono stati programmati, senza però allarmarsi se qualcosa va storto, a meno che l'evento non sia stato previsto in anticipo con precisione.

La soluzione si trova affidando all'operatore il compito più professionalizzante di gestire i sistemi di visione artificiale da remoto, impostarli in base al prodotto specifico che si sta producendo e di supervisionare il corretto funzionamento di tutto il processo; l'attività operativa (il serraggio del dado di Chaplin) verrà demandata al robot, mentre il settaggio dei parametri rimarrà in mano ad un operatore che vedrà elevate le sue mansioni e la sua professionalità (A. Prete).

Le criticità della visione artificiale in azienda non sono più come un tempo legate al costo delle telecamere,

alla loro risoluzione, o alla loro velocità, ma piuttosto al fatto che ogni sviluppo software ha un costo che è indipendente dalla dimensione aziendale, ma che dipende quasi esclusivamente dal problema da risolvere.

L'Industria 4.0 va ad impattare in modo considerevole anche sugli strumenti di misura delle performance aziendali. Questi diventano via via sempre più pervasivi e vanno ad inserirsi in una sempre più ampia gamma di attività così da rendere maggiormente intellegibili tutti gli avvenimenti che si verificano all'interno dell'azienda. Sebbene la gamma di soluzioni di questo genere si stia ampliando considerevolmente, non sempre è possibile reperire sul mercato gli strumenti di misura più adatti a caratterizzare una linea di produzione.

In questi casi spesso le aziende rinunciano alla soluzione del problema o scelgono soluzioni che sono ancora poco più che prototipi. In realtà l'assenza di una macchina sul mercato è un'importante opportunità per indagare con quali effetti fisici si può riuscire a ottenere la misura voluta. (A. Tredicucci).

D'altro canto, grazie alla flessibilità offerta dalle nuove tecnologie, è sempre più semplice sviluppare uno strumento di misura costruito su una

specifico esigenza aziendale che possa permettere all'azienda stessa di documentare in maniera oggettiva le performance dei propri processi e dei propri prodotti.

La ricerca di base e quella industriale stanno portando sul mercato anche nuovi materiali definiti nell'Industria 4.0 come materiali avanzati o intelligenti. Possono essere leghe metalliche, nuovi compositi, materiali biocompatibili o a basso impatto ambientale, ecc.. Sebbene siano definiti intelligenti per le interessanti proprietà meccaniche, termiche, chimiche, a causa della loro recente applicazione e dei nuovi processi di produzione, arrivano sul mercato spesso privi di documentazione (*datasheet*) che permetta di prevedere in maniera accurata e ripetibile il loro comportamento.

Perciò le aziende interessate ad integrarli all'interno dei loro prodotti devono eseguire, o far eseguire a laboratori specializzati, importanti campagne sperimentali di caratterizzazione senza le quali è improbabile ottenere modelli e simulazioni predittivi del comportamento che avrà il componente nelle condizioni di

uso progettate (L. Bertini).

Un caso piuttosto emblematico è quello dell'utilizzo delle microonde come strumento di misura e caratterizzazione della composizione e della struttura di materiali particolari.

Utilizzando le microonde è possibile caratterizzare processi che coinvolgono la lavorazione o l'utilizzo di molecole organiche particolarmente lunghe come plastiche e vernici, ed ottenere informazioni accurate sullo spessore di una pellicola, sulla composizione di una certa miscela e sui contaminanti presenti in un particolare processo produttivo (S. Capaccioli).

In conclusione la produzione nell'Industria 4.0 è effettuata attraverso un vero e proprio lavoro di squadra tra uomo e tecnologie in grado di aumentare l'efficienza produttiva, garantire prodotti controllati al cliente e nel contempo migliorare le condizioni di lavoro e di sicurezza dell'operatore.

BOX

IL MONITORAGGIO DEGLI OUTPUT DI PROCESSO

Un'azienda che riesce a sviluppare dei sistemi di misura proprietari potrà fornire maggiori garanzie ai propri clienti circa la qualità degli *output* della produzione, e potrà consolidare le leve su cui si basa il proprio vantaggio competitivo.

Inoltre, lo sviluppo di soluzioni di questo tipo può rappresentare

un'opportunità anche a livello strategico in quanto la produzione e la commercializzazione dei sistemi di misura sviluppati potrebbe dar luogo alla creazione di nuovi rami di business da aggredire, magari attraverso la creazione di una spin-off aziendale.

REFRIGERATION ON INTERNET

Contesto

La lavorazione di prodotti freschi implica numerosi fattori da considerare, come ad esempio il deperimento delle merci, il consumo energetico, le normative sanitarie per il trattamento dei prodotti alimentari.

Vantaggi ottenuti:

- Efficientamento del consumo energetico
- Automazione del processo di registrazione delle temperature degli impianti frigoriferi per assolvere agli obblighi della normativa HACCP
- Monitoraggio del funzionamento in tempo reale
- Possibilità di adottare un approccio predittivo alla manutenzione
- Individuazione dei guasti in tempo reale con conseguente diminuzione dell'avaria delle merci

Tecnologie utilizzate:

- Sensori di temperatura
- Sensori di luminosità
- Sensori di umidità
- Microcontrollori

- Cloud
- App mobile
- Software di sviluppo Zerynth

La cosiddetta "catena del freddo" è il particolare tipo di filiera produttiva indispensabile per tutti quei prodotti che devono essere conservati a basse temperature, come ad esempio i surgelati, o alcuni tipi di farmaci. La gestione di questa filiera è tutt'altro che semplice perché deve garantire in tutte le fasi, dal reperimento delle materie prime fino alla consegna al cliente finale, che i prodotti non subiscano danni o alterazioni a causa di un eventuale innalzamento delle temperature.

Le aziende devono seguire quindi molte accortezze per evitare di compromettere il loro lavoro poiché un malfunzionamento o un guasto ad uno dei sistemi di refrigerazione della catena può causare la perdita di un intero lotto. Allo stesso tempo questo settore vede nei costi energetici un elemento di assoluta centralità e quindi il consumo energetico è un altro elemento che, se efficientato, può fare la differenza nella refrigerazione industriale.

Zerynth, azienda toscana attiva nell'ambito delle tecnologie che abilitano l'Internet delle cose e l'Industria 4.0, ha sviluppato **Refrigeration On Internet (ROI)**: un sistema in grado di monitorare lo stato di un impianto frigorifero e di gestirne l'accensione e il funzio-



Figura 9 Refrigeration On Internet (Cortesia, Zerynth)

namento allo scopo di migliorare l'efficienza energetica e monitorare i parametri caratteristici del sistema come temperatura e umidità. Tutto questo avviene grazie alla raccolta dei dati del sistema e il loro invio a un cloud che esegue l'algoritmo su cui la soluzione si basa.

Il sistema consente inoltre di visualizzare lo stato degli impianti grazie ad una app mobile in grado di mostrare le informazioni raccolte e gli eventi accaduti.

ROI effettua misure frequenti delle temperature degli impianti frigoriferi, le comunica al responsabile dell'impianto e le stampa in un pdf per assolvere agli obblighi della normativa HACCP (G. Montelisciani).

Una volta installato, infatti, l'azienda disporrà di un sistema autonomo di controllo degli impianti frigoriferi che invia agli operatori informazioni rilevanti, e estratte sulla base dei settaggi impostati.

Grazie a ROI è possibile:

- Misurare e registrare tutti i parametri del sistema frigorifero come l'umidità e l'apertura delle porte, anche in ottica di rispetto delle norme cogenti
- Risparmiare energia elettrica grazie all'algoritmo che regola l'accensione dei motori sulla base delle modalità di utilizzo di ogni cella frigorifera (ad esempio l'orario di caricamento della cella frigorifera, o il numero di aperture delle porte)
- Visualizzare su pc o smartphone informazioni utili sul sistema, come ad esempio la variazione di temperatura dovuta all'apertura delle porte, eventuali picchi di temperatura e i tempi necessari per ristabilire la situazione ideale
- Migliorare la gestione della manutenzione dell'impianto frigorifero, potendo passare da una manutenzione correttiva o programmata, ad una manutenzione predittiva. Dall'analisi dei dati raccolti è possibile capire se uno o più componenti del sistema non stanno funzionando correttamente o se si sta per verificare un guasto, consentendo di sostituirli poco prima che il guasto e il conseguente deperimento delle merci si verifichino.

CASO

MONITORAGGIO DI UN PROCESSO PRODUTTIVO

Contesto:

Il monitoraggio di parametri biologici e ambientali è di cruciale importanza nell'ambito dell'allevamento di pesci destinati all'alimentazione. Le nuove tecnologie digitali consentono di migliorare il processo di produzione e monitoraggio in modo considerevole.

Vantaggi ottenuti

- Monitoraggio in tempo reale dei parametri ambientali che influenzano la vita del pesce d'allevamento
- Possibilità di modificare nel minor tempo possibile i parametri che vengono rilevati fuori sistema
- Aumento della produttività dell'allevamento grazie al minor numero di morti dei pesci dovute alle condizioni ambientali

Tecnologie utilizzate

- Vari tipi di sensori per monitorare: temperatura, pH, conducibilità, Ossigeno disciolto, Potenziale di ossido-riduzione, grado di concentrazione di Ammonio (NH_4^+), Nitrati (NO_3^-) e Nitriti (NO_2^-)
- Standard di comunicazione 3G/GPRS
- Standard IEEE 802.15.4

In un impianto di itticoltura è possibile allevare pesci

piccoli, facendone aumentare il peso fino a 15 volte in sei mesi. I pesci adulti vengono quindi venduti e il bacino d'acqua interessato può essere utilizzato nuovamente per la crescita di una nuova batteria di pesci.

Ci sono alcuni parametri che però influenzano questo processo: durante i sei mesi un certo numero di pesci muore o per cause naturali, o per la qualità dell'acqua in cui i pesci stessi stanno (si stima una perdita del 40% nel numero di pesci).

Nel caso in questione **PHA Distribution**, azienda molto attiva nel campo dell'IoT, ha installato nell'allevamento, localizzato in Vietnam, un sistema di sensori in grado di rilevare la qualità dell'acqua e prevenire le malattie che possono minare la salute dei pesci.

Nello specifico sono stati installati sensori per monitorare temperatura, pH, conducibilità, Ossigeno disciolto, Potenziale di ossido-riduzione e il grado di concentra-

zione di Ammonio (NH_4^+), Nitrati (NO_3^-) e Nitriti (NO_2^-), sostanze create dagli stessi pesci e principali indicatori della tossicità dell'acqua. La tecnologia utilizzata è stata sviluppata da **Libelium**.

Questo sistema raccoglie i dati puntualmente e li invia ad un gateway centrale grazie allo standard di comunicazione 3G/GPRS e allo standard IEEE 802.15.4. Il gateway centrale quindi invia al cloud i dati salvati in modo che possano essere fruiti tramite una piattaforma che permette di visualizzarli anche sotto forma di grafici.

Il continuo monitoraggio dei dati permette di individuare immediatamente l'eventuale insorgere di problemi nella qualità dell'acqua, permettendo così di correggere il problema nel più breve tempo possibile. Si stima infatti che le perdite nel numero di pesci diminuiscano del 40-50%.



Figura 10 - Monitoraggio del processo di itticoltura



Manutenzione

Prendersi cura delle cose per non avere preoccupazioni

La manutenzione di impianti e macchinari è un tema sempre complesso da trattare in quanto l'adozione dell'approccio più appropriato incide in modo rilevante sulla possibilità di rendere più semplici e lineari i processi aziendali. In un mondo ideale il manutentore non ripara i guasti, ma sostituisce i pezzi poco prima che questi si rompano. Viceversa nella realtà le cose sono piuttosto differenti, e l'approccio alla manutenzione di un'azienda dice molto sulla sua filosofia nell'affrontare il futuro.

Possiamo trovare aziende che riparano i guasti dopo che sono già accaduti (approccio correttivo), possiamo trovarne altre che calendarizzano gli interventi di manutenzione a prescindere dalla loro effettiva impellenza (approccio preventivo), e altre ancora che cercano di prevedere i guasti basandosi su tutte le informazioni che

hanno a disposizione (approccio predittivo).

Spesso le imprese fanno solo manutenzione correttiva, ma la vera sfida risiede in quella predittiva, che sebbene sia sicuramente un investimento rilevante, consente nella maggior parte dei casi un risparmio di risorse considerevole (M. Frosolini).

Tale risparmio si verifica non solo nel costo della riparazione, ma anche nel costo della chiamata urgente al riparatore, dei mancati guadagni dovuti al fermo macchina e degli eventuali straordinari da pagare ai dipendenti per il recupero delle ore di produzione perse. In ogni caso, le tecnologie dell'Industria 4.0 possono dare un forte contributo al miglioramento

della manutenzione a prescindere dall'approccio scelto.

All'interno delle attività di manutenzione si possono valorizzare considerevolmente le applicazioni di realtà aumentata. Il manutentore, infatti, tramite tablet o mediante particolari visori, può accedere ad un livello di informazioni aggiuntivo mentre svolge le operazioni. In particolare, le informazioni necessarie per svolgere le operazioni di manutenzione o di riparazione appariranno sul tablet sovrapponendosi all'immagine dell'oggetto da mantenere, supportando l'operatore nel completamento della manutenzione anche grazie all'ausilio di video tutorial. Tali sistemi consentono inoltre di individuare quali sono gli strumenti necessari, nonché le parti di ricambio disponibili a magazzino.

Contestualmente alla funzione di

ausilio alla manutenzione, questi sistemi si interfacciano anche con le macchine e i processi aziendali consentendo all'operatore di visualizzare direttamente sul tablet i dati raccolti dal sistema. Questi dati sono visualizzati attraverso una grafica semplice ed efficace che contiene tutte le informazioni necessarie all'addetto per conoscere in ogni istante lo stato del processo.

La realtà aumentata può costituire quindi un valido aiuto nelle fasi di riparazione e può inoltre contribuire alla creazione di un nuovo tipo di manuale di manutenzione.

Se la realtà aumentata sembra una frontiera ancora lontana dall'essere

implementata in modo completo, l'integrazione delle tecnologie digitali è già alla portata di molte aziende per via della loro vasta diffusione dovuta all'abbassamento dei costi di componenti elettronici. L'installazione di questi dispositivi abilita la creazione di sistemi in grado di monitorare i parametri del processo produttivo e di segnalare se il sistema non sta funzionando in modo ottimale o se qualche componente si sta avvicinando alla rottura, facilitando così l'attività di manutenzione e consentendo di sostituire un pezzo appena prima che si rompa.

Quando le condizioni lo consentono il sistema può anche essere programmato in modo che possa porre

rimedio in modo autonomo ai problemi che non richiedono l'intervento dell'uomo.

La cosa fondamentale in questo tipo di approccio sta nel capire cosa misurare, come misurarlo, come correlare la misura con un malfunzionamento e, ultimo ma forse il più importante, nel decidere se installare un certo sistema di monitoraggio sia economicamente conveniente o meno. Proprio in questo risiede il valore di un **audit** preliminare fatto da un ente terzo che dovrebbe essere effettuato prima di decidere se procedere con l'investimento.

Alla luce di queste considerazioni e dei cambiamenti che Industria 4.0 può determinare è necessario porre particolare attenzione alla progettazione della manutenzione includendo le opportunità e le criticità derivanti dai nuovi sistemi di misura e di alerting. La tecnologia presente negli impianti porta alla trasformazione della figura del manutentore e delle competenze che questi deve possedere per portare a termine i *task* che gli vengono assegnati.

BOX

SMARTPHONE E TABLET A SUPPORTO DELLA MANUTENZIONE

La manutenzione può essere eseguita con il supporto di uno smartphone o un tablet sfruttando la tecnologia della realtà aumentata che mostra all'addetto le procedure che deve eseguire sulla base di quello che sta guardando, che il sistema riconosce grazie a specifici TAG, come ad esempio dei QR code.

Il video disponibile al link: <https://www.youtube.com/watch?v=Jbt2m-sddFoQ> mostra il funzionamento di tale tecnologia sfruttando l'ausilio di un tablet.

La stessa attività si può eseguire attraverso visori indossabili per realtà aumentata che permettono all'operatore di avere entrambe le mani libere e vedere le operazioni da eseguire sull'impianto in realtà aumentata, come visibile al link: <https://youtu.be/L9UPWPgVIDo?t=1m34s>

L'ergonomia del sistema di realtà aumentata e la percezione del contenuto "aumentato" dipendono sensibilmente dal tipo di display, in particolare con i visori indossabili.

Qualora sia necessario un allineamento pressoché perfetto del contenuto virtuale con la realtà, si dovrà ricorrere a display *video see-through*, che replicano il paradigma del tablet in versione indossabile, con un display vicino all'occhio ed una telecamera esterna. Qualora sia invece tollerabile un disallineamento virtuale/reale, si potrà ricorrere a display semi-trasparenti *optical see-through* (V. Ferrari).

BOX

LA QUALITÀ DIVENTA UNA QUESTIONE D'ORECCHIO

Un microfono può captare il rumore proveniente da una macchina utensile e compararlo con il rumore registrato durante la stessa lavorazione eseguita alcune settimane prima.

Dal confronto di questi dati si può così capire se ci sono state variazioni rilevanti nel funzionamento della macchina.

Tuttavia, a prescindere dalle modalità con cui un'azienda decida di affrontare la manutenzione dei propri impianti, essa è e rimane un'operazione pericolosa: dati **Eurostat** raccolti in 5 Paesi europei indicano che gli incidenti in manutenzione occupano una

buona parte degli incidenti sul lavoro. A seconda del settore e del paese analizzato la percentuale degli incidenti occorsi durante le operazioni di manutenzione vanno dal 10% fino al 50% sul totale degli incidenti avvenuti. La principale ragione per cui questo

accade è legata al fatto che durante le operazioni di manutenzione è necessario eludere i normali dispositivi di sicurezza normalmente attivi per entrare nel sistema ed effettuare la riparazione.

Le soluzioni offerte dall'Industria 4.0 permettono alle aziende di assistere gli operatori durante questo tipo di attività, o di sostituirli con dei robot qualora la rischiosità della manutenzione diventi troppo elevata. Infatti è ragionevole pensare a numerose applicazioni in cui un robot lavori in contesti estremamente rischiosi sulla base dei comandi impartiti in remoto dall'operatore (mediante il cosiddetto telecontrollo o teleoperation) il quale si trova in una postazione sicura.

BOX

ROBOT ANTROPOMORFI PER ATTIVITÀ RISCHIOSE

L'utilità di un robot azionato attraverso il telecontrollo è stata oggetto di studi durante i quali è stato costruito un robot antropomorfo in grado di svolgere operazioni complesse quali camminare in aree ignote, aprire porte, utilizzare strumenti di lavoro come un trapano, e addirittura chiudere e aprire una valvola industriale.

(Walkman <http://www.centropiaggio.unipi.it/news/così-è-nato-walkman-incontro-con-il-team-pisano-che-ha-progettato-e-costruito-il-robot.html>)

Il robot ha dato il suo contributo ad esempio nelle operazioni di ispezione e verifica della stabilità degli edifici rimasti in piedi dopo il terremoto di Amatrice.

Utilizzare un robot del genere in operazioni di manutenzione pericolosa (ad esempio la manutenzione di cisterne, o la

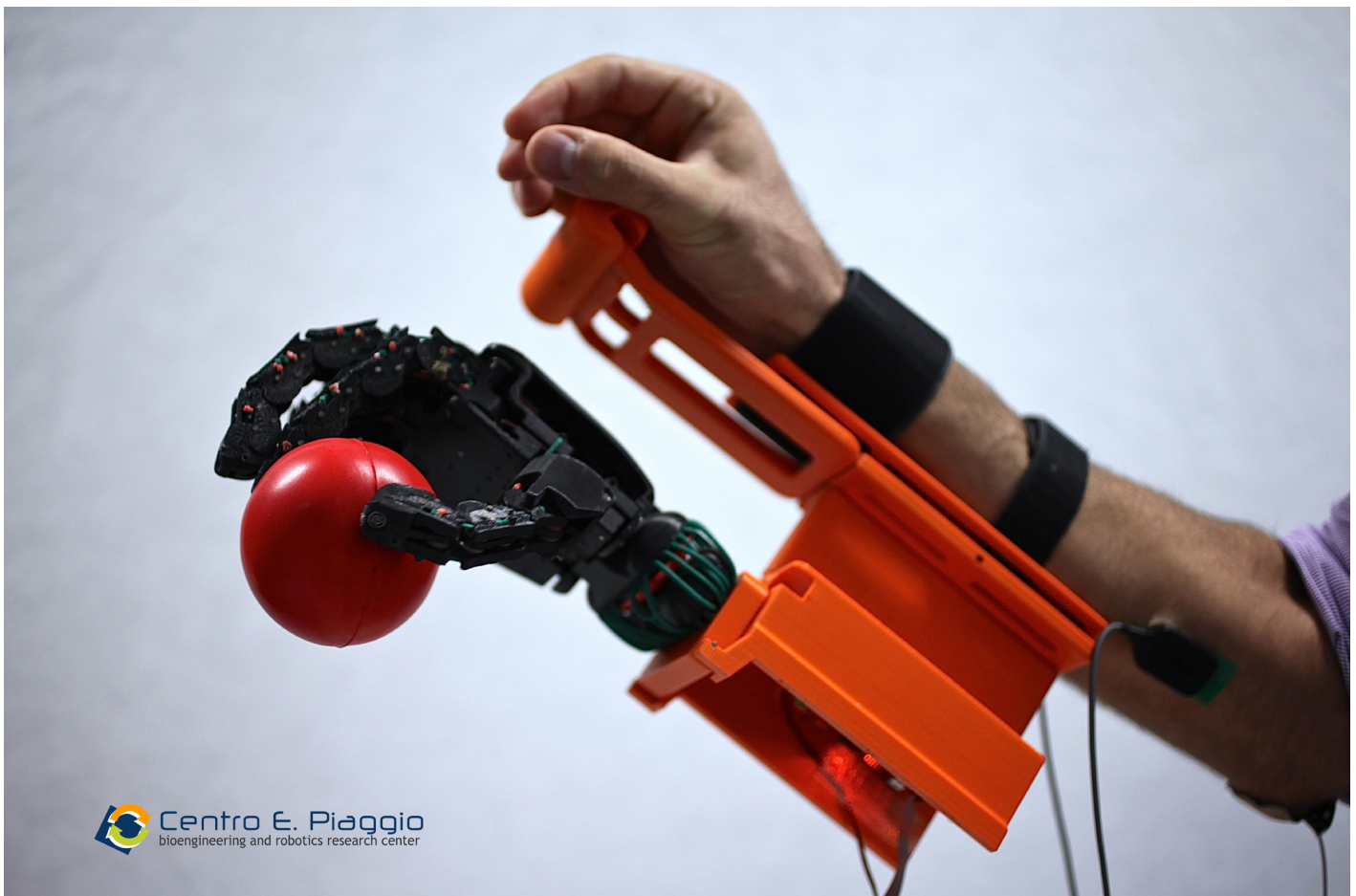


Figura 11 - Mano di un robot che replica le capacità di afferraggio dell'uomo (Cortesia, A. Abrusci, IIT)

riparazione di impianti dopo un incidente) può costituire un valore aggiunto inestimabile per la salute e la sicurezza degli operatori che possono comandare da remoto degli avatar che invece si troveranno a svolgere le operazioni più pericolose (A. Bicchi).

Un'altra soluzione per la sicurezza dell'operatore nelle attività di manutenzione è costituita dai cosiddetti *wearable device*. I dispositivi tecnologici indossabili sono entrati a far parte della vita quotidiana grazie ad applicazioni legate al benessere e all'attività fisica come gli *activity and smart tracking*, per poi evolversi verso applicazioni sempre più complesse da

realizzare grazie agli smartwatch, agli occhiali digitali, alle *action cam* come la **GoPro** e ai visori di realtà aumentata. Uno studio di **Salesforce** ha rilevato che ci sono aziende che stanno esplorando le applicazioni di tali tecnologie nell'ambito della sicurezza sul posto di lavoro (23%), della gestione del tempo (20%) e della comunicazione *real-time* tra i dipendenti (20%).

CASO

I WEARABLE DEVICE PER LA SICUREZZA SUL LAVORO

Contesto:

Eni, insieme al **Mobile Experience Lab** del **MIT** di Boston, ha realizzato una linea di indumenti e accessori smart per garantire la sicurezza dei lavoratori delle raffinerie, che sono ambienti produttivi che presentano rischi non sempre percepiti dai lavoratori.

Vantaggi ottenuti:

- Aumento della sicurezza degli operatori
- Controllo dello stato di salute dei lavoratori
- Creazione di un sistema di sicurezza che non distrae il lavoratore come farebbe uno schermo o una spia luminosa.

Tecnologie utilizzate

- Biosensori capaci di misurare frequenza cardiaca, respirazione, risposta galvanica della pelle e posizione spaziale
- Sensori per rilevare i livelli di volume sonoro, eventuali fughe di monossido di carbonio e solfuro di idrogeno
- Sensori di pressione inseriti nelle solette riescono a misurare il peso di un oggetto sollevato dal lavoratore
- Motori di vibrazione
- Moschettone smart che misura la pressione all'interno del gancio
- Bluetooth a basso consumo energetico
- ARM processor 32 bit

Safety++ è un insieme integrato di tecnologie indossabili che consentono di tenere sotto controllo la salute del lavoratore e che comunicano con lui di eventuali pericoli attraverso vibrazioni. Questo tipo di soluzione è da preferirsi a quelle tradizionali perché consentono di avvertire e codificare il pericolo senza distrazioni, come avverrebbe con l'utilizzo di schermi o spie luminose.

Il kit è composto da quattro elementi:

- Undershirt++: una maglia che incorpora i motori di vibrazione e biosensori capaci di misurare frequenza cardiaca, respirazione, risposta galvanica della pelle e posizione spaziale
- Jacket++: un giacchetto nelle cui maniche sono integrati sensori per rilevare i livelli di volume sonoro, ed eventuali fughe di monossido di carbonio e solfuro di idrogeno
- Carabiner++: un moschettone smart che misura la pressione all'interno del gancio e avverte l'operaio con una vibrazione se non è stato chiuso correttamente
- Shoes++: scarpe antinfortunistiche che attraverso dei sensori di pressione inseriti nelle solette riescono a misurare il peso di un oggetto sollevato dal lavoratore, avvertendolo con delle vibrazioni nel caso in cui il carico fosse eccessivo per la propria salute

In conclusione i DPI dotati di sensori che parlano tra di loro e attraverso il network trasmettono dati e informazioni sulla salute dell'operatore in tempo reale alla sala di controllo. Inoltre in caso di pericolo i *wearable device* interagiscono con il lavoratore iniziando a vibrare.

LA MANUTENZIONE INTELLIGENTE

Contesto:

Un'azienda cliente di **Liberologico S.r.l.**, che produce macchinari per il *converting* e ha deciso di dotare quest'ultimi di tecnologie idonee per abilitarli ad una manutenzione predittiva, e non più preventiva al fine di fornire un miglior servizio ai propri clienti minimizzando i fermi macchina e allungando la vita utile dei macchinari.

Vantaggi ottenuti:

- Minimizzazione dei fermi macchina
- Abbattimento dei costi per il magazzino dei pezzi di ricambio
- Miglioramento dell'efficienza dell'impianto, Overall Equipment Effectiveness
- Ottimizzazione e formazione del personale di manutenzione
- Aumento della produttività
- Aumento della vita utile del macchinario

Tecnologie utilizzate:

- Software su piattaforma proprietaria
- Concentratore di dati
- Sensori

I fermi macchina comportano degli interventi in regime di emergenza volti a ripristinare nel minor tempo possibile il funzionamento del sistema. È necessario chiamare dei tecnici esterni all'azienda e può succedere che si debbano ordinare pezzi di ricambio e che si debba aspettare il loro arrivo.

Per minimizzare l'impatto di questi eventi l'azienda che produce un macchinario e ne distribuisce i pezzi di ricambio deve anche fare i conti con le proprie giacenze di magazzino. In particolare dovrà considerare che ci possono essere picchi di richieste per un pezzo di ricambio piuttosto che per un altro in base ai guasti che avvengono ai macchinari dei propri clienti. Questo sistema è piuttosto inefficiente, se paragonato ad un sistema in cui la manutenzione viene gestita in modo predittivo che consente di modulare le giacenze sulla base dei guasti previsti.

Un'azienda produttrice di macchinari per il *converting* ha deciso di abilitare i propri prodotti ad una manutenzione di tipo predittivo. Nei macchinari sono stati inseriti dei sensori che effettuano la misura di alcuni parametri e permettono all'azienda di immagazzinare grandi moli di dati sullo stato dei macchinari.

I dati acquisiti dai sensori vengono uniti ai dati provenienti da vecchi sistemi presenti in azienda attraverso dei concentratori di dati; a questo punto i dati vengo-



Figura 12 - Manutenzione basata sui dati pervenuti dai sensori sulla linea

no ripuliti da eventuali dati non necessari e successivamente vengono analizzati dal software.

Dall'analisi dei dati è possibile capire se parti della macchina si stanno usurando (cosa visibile dal fatto che le misure effettuate escono dagli intervalli di confidenza preimpostati e che attestano il corretto funzionamento del componente misurato). In quel caso il sistema avvisa della necessaria manutenzione prima che la macchina si fermi a causa del componente usurato. L'avviso può arrivare anche direttamente all'azienda che si occupa della manutenzione e può segnalare il tecnico libero più adatto per eseguire la manutenzione e quando inviarlo dal cliente.

La manutenzione passa così da essere una manutenzione programmata in cui gli interventi di manutenzione sono stabiliti a priori a prescindere dalla reale

necessità, ad una manutenzione predittiva eseguita in base all'effettiva usura del macchinario.

Quindi il sistema, attraverso i dati sul proprio personale e le attività di manutenzione necessarie per il cliente, individua e gestisce l'assegnazione di risorse alle attività e individua eventuali carenze permettendo così di effettuare formazione mirata al personale.

Spesso i software all'interno delle aziende svolgono bene le attività amministrative mentre dal punto di vista operativo hanno delle mancanze, per questo è necessaria una piattaforma che permetta di acquisire le informazioni dai software di gestione, fornisca gli strumenti operativi al personale diversi a seconda del settore di appartenenza ed al termine del ciclo restituisca le informazioni al gestionale (M. Petroni).

CASO

LA MANUTENZIONE CON TECNOLOGIE SEMANTICHE

Contesto:

Una PMI, cliente di **Hyperborea S.r.l.**, che produce in modo artigianale macchinari complessi e con pochi tecnici, deve garantire l'installazione customizzata e la manutenzione ai propri clienti nel mondo.

Vantaggi ottenuti:

- Automazione dell'accesso alla documentazione
- Riduzione del tempo di accesso alla documentazione
- Riduzione degli errori dell'addetto alla manutenzione

Tecnologie utilizzate:

- Semantic web
- Software Open Source

La PMI di questo caso produce e installa nel mondo macchinari complessi e tale complessità si ripercuote anche sulle attività di manutenzione in quanto richiedono una quantità di informazioni elevata. Considerando che l'azienda in questione ha pochi tecnici, per ottimizzare tali operazioni è necessario un sistema efficace e veloce di integrazione delle informazioni, e in alcuni casi è necessario dare gli strumenti necessari al cliente per poter eseguire autonomamente la manutenzione permettendo l'accesso alle informazioni necessarie per svolgere un intervento specifico.

Per fare questo sono necessarie tecniche di **Semantic Web** che consentono di eseguire ricerche in modo più semplice e mirato, ovvero consentono l'estrazione di dati da qualsiasi tipologia di documento. In questo modo l'addetto alla manutenzione che si trova davanti a macchinari complessi e diversi tra loro può, attraverso anche una semplice foto, accedere alle informazioni e alle procedure necessarie a seconda della sua formazione.

Questo è possibile attraverso un software open source come **Alfresco**, che archivia le informazioni in modo organizzato e indicizzato su materiali e macchinari. Queste informazioni sono accessibili dall'operatore via web con protocolli di sicurezza opportuni.

Quindi queste tecnologie permettono di integrare in modo veloce le informazioni mancanti all'addetto alla manutenzione e abilita a svolgere tali operazioni an-

che persone che prima non sarebbero state in grado se non con una formazione pregressa, come ad esempio il personale dell'azienda cliente.

Le tecnologie semantiche sono mature per i processi amministrativi ed hanno un alto potenziale se utilizzate per l'estrazione automatica di informazioni nelle aree operative, in particolare nella manutenzione (S. Salvadori).

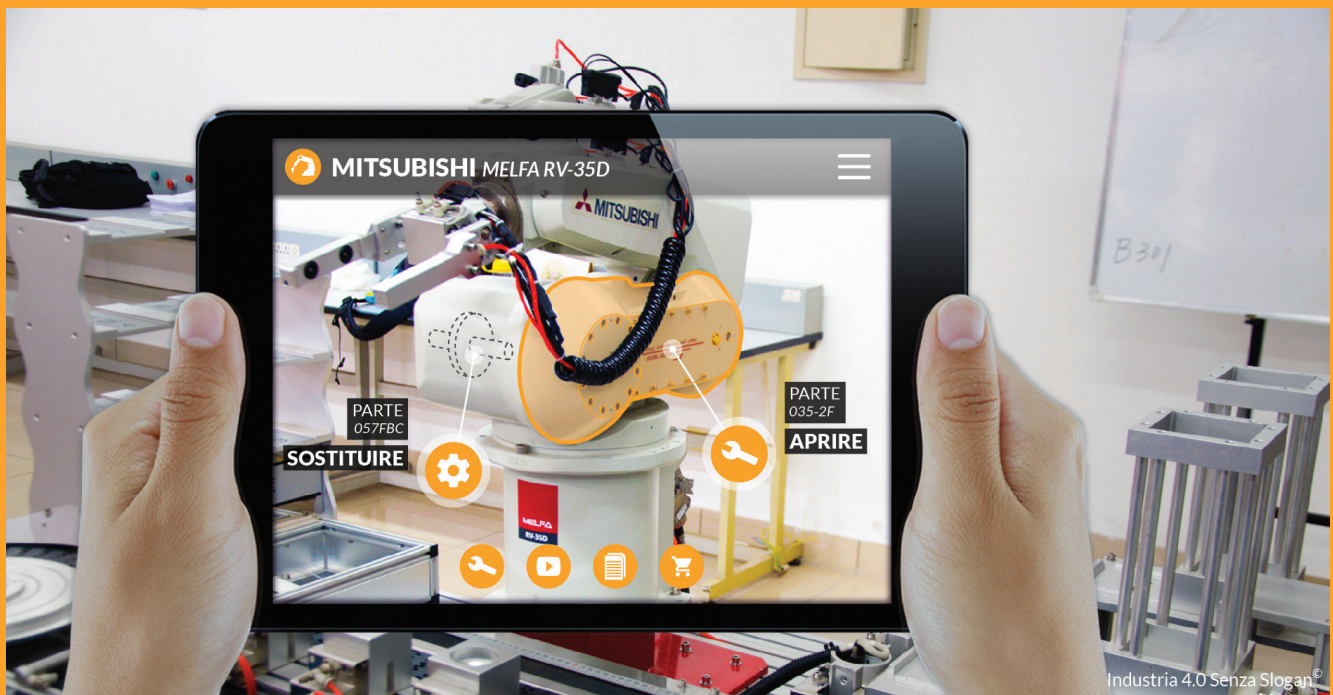


Figura 13 - Grafico dell'andamento delle ricerche effettuate on-line di "Industria 4.0". Fonte: Google trends



Logistica interna e acquisti

Un'etichetta per ogni cosa, ogni cosa al suo posto

La logistica interna è un altro ambito in cui le tecnologie digitali possono supportare le aziende nel far evolvere i propri processi in modo da renderli più efficienti, intellegibili e coordinati.

Il primo aspetto rilevante nella logistica interna dell'Industria 4.0 è nella necessità di adottare una metodologia che permetta di lavorare in modo integrato e di ottenere maggior efficienza (M. Braglia).

In ambito logistico si parla di *lean logistic*, che discende dalla *lean manufacturing*, e che è una filosofia di gestione del processo ispirata al sistema produttivo **Toyota** basata sulla ri-

duzione dei sette **MUDA**, ovvero i sette sprechi (difetti, sovrapproduzione, trasporti, attese, scorte, movimento e processi inutilmente costosi), e spesso riferita anche alle 6 sigma per la gestione della qualità.

In particolare, il **Single Minute Exchange of Die (SMED)**, è una metodologia integrata nella teoria della lean production volta alla riduzione dei tempi di setup per massimizzare il rendimento di una macchina o di un impianto attraverso la riduzione dei tempi dovuti al cambio attrezzature, alle regolazioni, all'avviamento, ai guasti, all'inattività, alle microfermate, alla velocità, ai difetti e alle rilavorazioni. Quindi lo SMED permette di passare in modo veloce da una produzione

all'altra nello stesso impianto.

Allo sviluppo della gestione della logistica interna possono contribuire le tecnologie software come il **Supply Chain Event Management (SCEM)** che permette la gestione degli eventi lungo il processo produttivo di uno stabilimento e/o dell'intera catena logistica. Il sistema SCEM sintetizza la massa di dati analizzati che vengono poi mostrati all'operatore attraverso opportune piattaforme web-based.

Questo può essere realizzato mediante kanban, RFID, codici a barre e QR code apposti sulle pareti o sui cestelli contenenti un numero prestabilito di semilavorati che forniscono i dati necessari per la gestione degli

eventi in tempo reale e quindi limitare gli scostamenti tra la pianificazione, la programmazione di reparto e l'avanzamento reale.

La programmazione di reparto e l'avanzamento delle attività nello specifico possono beneficiare delle nuove soluzioni digitali per il **Visual Management** le quali consentono di visualizzare lo stato del sistema e l'avanzamento dei lavori ed apportare modifiche in tempo reale su tablet, schermi o altri supporti elettronici installati all'interno del reparto.

Per quanto riguarda la quantità di merci spostate quotidianamente all'interno delle aziende, è interessante sapere che attualmente vengono trasportate per la maggior parte da esseri umani.

Oggi infatti solo il 15% delle movimentazioni di beni interne all'azienda

sono automatizzate.

Per avere un buon sistema automatizzato di movimentazione delle merci è possibile avvalersi degli AGV, ossia di veicoli in grado di muoversi autonomamente all'interno dell'azienda grazie a vari sistemi di guida.

Le tecnologie che permettono la localizzazione, e di conseguenza lo spostamento degli AGV sono:

- Guida a filo: prevede un filo percorso da corrente interrato nel pavimento che determina la traiettoria. L'AGV è in grado di rilevare la posi-

BOX

NUOVE FRONTIERE DEL VISUAL MANAGEMENT

Le riunioni giornaliere normalmente vengono svolte davanti ai tabelloni cartacei su cui vengono poste le modifiche alla pianificazione, e in seguito tali modifiche devono essere comunicate al resto dei reparti.

Oggi queste riunioni possono essere svolte utilizzando tabelloni

digitali che sintetizzano e visualizzano le informazioni necessarie e permettono di effettuare modifiche che in real-time sono condivise a tutti i reparti.

Ad esempio nel successivo video, il CTO di **PSA Peugeot Citroen** racconta i benefici ottenuti con una piattaforma di visual management:

https://www.youtube.com/watch?v=I0OHK3r_Y9c&t=91s

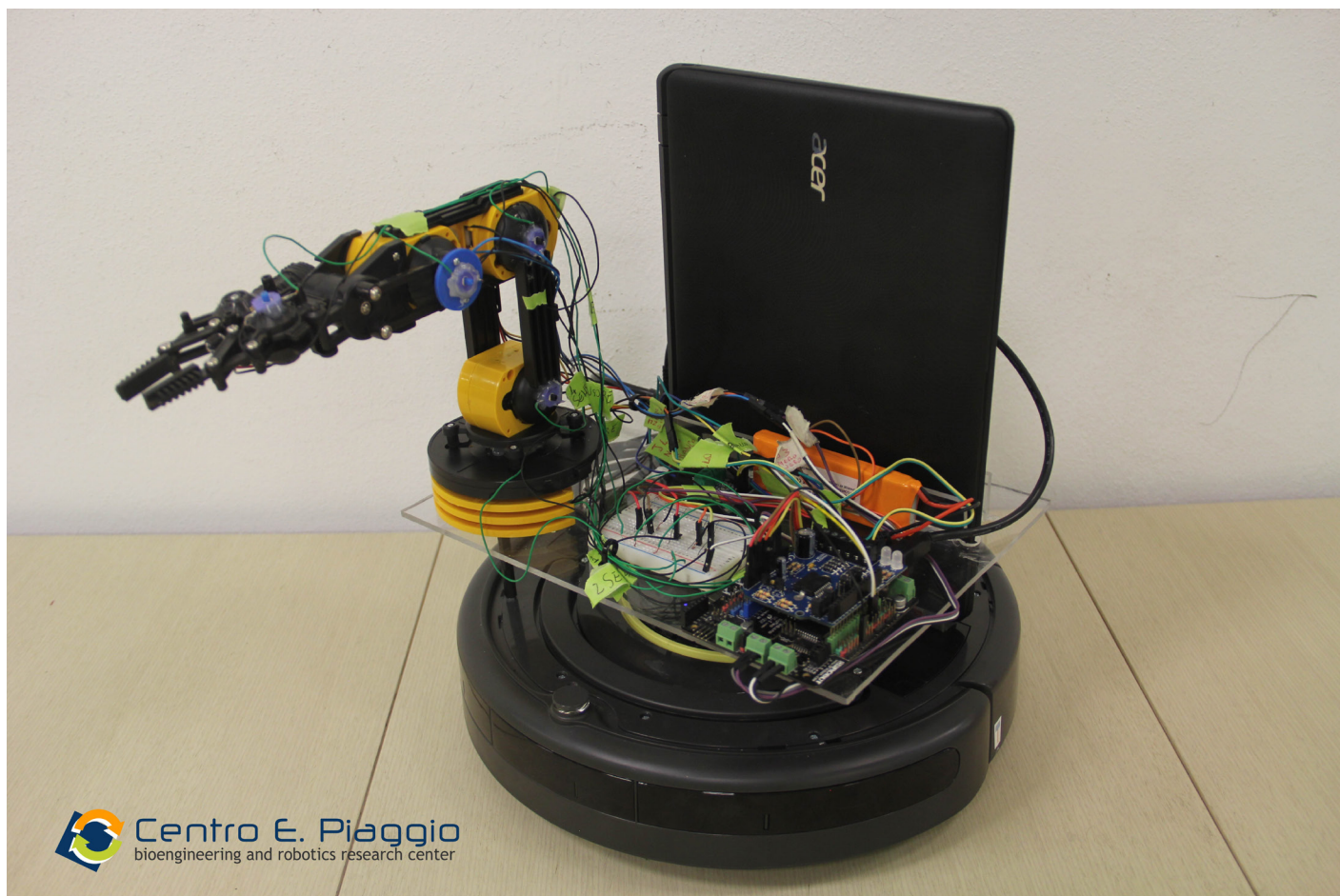


Figura 14 - Prototipo di un AGV con robot provvisto di sistema di afferraggio

zione del filo e mantenersi centrato rispetto ad esso

- Magneti: prevede una serie di calamite inserite nella pavimentazione a distanza ravvicinata o del nastro magnetico disposto lungo la traiettoria che l'AGV dovrà seguire
- Banda colorata: prevede una striscia colorata che indica la traiettoria sul pavimento. La striscia viene rilevata e seguita da un sistema ottico montato sull'AGV
- Guida odometrica: prevede la presenza di vari catarifrangenti che il laser presente sull'AGV rileva e che permettono ad esso, grazie alla triangolazione fatta tra le posizioni di almeno tre catarifrangenti, di stabilire la propria posizione e i movimenti da eseguire per portare a termine la propria missione
- Triangolazione con laser: prevede la presenza di alcuni catarifrangenti e una testa laser capace di ruotare di 360 gradi e di scandire e individuare grazie alla triangolazione la propria posizione all'interno dello spazio di lavoro

- GPS: utilizzato negli spazi esterni, adottando anche una tecnica differenziale con una base di riferimento per affinare la posizione del carrello
- GPS indoor: prevede l'utilizzo di antenne in grado di localizzare gli oggetti dotati di dispositivi Bluetooth in grado di comunicare con le antenne stesse.

La principale differenza tra i sistemi di spostamento degli AGV comunque sta nella collocazione dell'intelligenza che fa muovere il sistema. La tendenza attuale è quella di rendere i veicoli in grado di muoversi senza la necessità di avvalersi di riferimenti esterni come quelli menzionati sopra, il cui funzionamento ideale dipende molto dalla configurazione dell'azienda e quindi presenta alcune criticità a seconda dell'azienda in cui vanno installati.

Inoltre questi sistemi con percorsi predefiniti (con i magneti, con banda colorata e con guida a filo) hanno il problema che se trovano un ostacolo

lungo la loro traiettoria si bloccano senza portare a termine la missione. Per questo motivo si tende a dotare i robot di una tecnologia che li renda capaci di superare questa ed altre difficoltà tipiche dei flussi di materiali e persone all'interno dell'azienda: l'intelligenza a bordo.

Installare sistemi intelligenti a bordo dei robot significa trasferire l'intelligenza umana in un algoritmo che opera nella scheda elettronica di controllo dell'AGV.

Questo comporta un cambiamento radicale dall'idea di un robot isolato ad un robot in grado di lavorare a contatto con l'uomo sia nella logistica di beni e documenti, che nella fase di assemblaggio. In questo modo è possibile creare vere e proprie squadre di robot che dialogano tra loro e con gli esseri umani (L. Pallottino).



Figura 15 - Test sull'algoritmo di controllo di una flotta di AGV

L'intelligenza dei robot può essere gestita attraverso diversi modi:

- Centralizzato: La capacità di elabo-

razione e di decisione è posseduta da un elaboratore centrale che prende le decisioni e comunica ai robot le azioni che devono fare. È

una situazione efficace, ma che è sostenibile solo in presenza di pochi robot da comandare in quanto il sistema è vincolato alla potenza di calcolo dell'elaboratore centrale.

- Distribuito: Ogni robot è capace di analizzare la situazione in cui si trova e di decidere le azioni da svolgere, senza necessità di un *decision maker* centrale. È una soluzione più indicata nel caso in cui ci siano molti robot che lavorano contemporaneamente (nell'ordine di decine di robot) in quanto supera i limiti evidenziati per i sistemi centralizzati grazie al fatto di avere a disposizione un elaboratore per ogni dispositivo.
- Intermedio: probabilmente la soluzione più indicata, per cui i robot sono in grado di elaborare la situazione in cui si trovano e di prendere le decisioni in modo autonomo ma, nel caso in cui la situazione sia troppo complessa per essere elaborata, interviene un computer centrale più potente. L'architettura passa quindi da essere centralizzata a distribuita in base alle necessità.

Le tecniche di localizzazione viste precedentemente per gli AGV sono fondamentali nella logistica interna non soltanto per la conoscenza del posizionamento degli AGV stessi, ma anche di tutti gli altri elementi presenti in azienda. Infatti conoscere dove si trovano i semilavorati, le attrezzature di produzione, i prodotti finiti, i mezzi per trasportare le merci, ma anche i lavoratori stessi costituisce un vantaggio notevole in termini di sicurezza e di ottimizzazione dei tempi.

L'automazione della logistica e la logistica intelligente sono due dei pilastri di Industria 4.0. Esistono dei settori nel manifatturiero caratterizzati da piccole serie e da prodotti con molte varianti che possono beneficiare

BOX

FLOTTE DI AGV INTELLIGENTI E AUTONOMI

Gli AGV nelle architetture a controllo distribuito possono comportarsi come veri e propri sciami di oggetti intelligenti in grado di comunicare sia problemi che opportunità.

Ad esempio, nel caso in cui un AGV vada fuori uso e sia fermo su un percorso, questo avverte gli altri che lo schivano e uno degli altri veicoli prende in carico il compito che l'AGV guasto avrebbe dovuto compiere. Tutto questo in maniera autonoma.

Altro esempio, nel caso in cui l'impianto venga riconfigurato, una nuova porta venga aperta o al contrario venga creato uno sbarramento, gli AGV sono in grado di esplorare il territorio e definire dei nuovi percorsi. Quando un AGV avrà individuato un percorso nuovo o alternativo esso verrà a far parte delle traiettorie ammissibili e verrà così seguito anche dagli altri.

Un esempio di architettura a controllo distribuito è disponibile al link <https://www.youtube.com/watch?v=rXKPX3AIdgc>

BOX

LOCALIZZAZIONE DEL PERSONALE IN CASO DI EMERGENZA

L'azienda toscana 3logic MK ha sviluppato, nell'ambito della sicurezza dei luoghi di lavoro, un sistema di tracciamento del personale molto utile in caso di emergenza, perché in grado di localizzare ogni operatore all'interno di un cantiere o un'area specifica con una precisione di 20 cm.

Il sistema mette in comunicazione dei dispositivi integrati nei badge degli operatori con antenne in grado di localizzare la loro posizione. Grazie a questa soluzione è quindi possibile sapere in tempo reale, ad esempio in caso di incendio, dove è localizzato ogni lavoratore nel momento specifico: se si trova già nei punti di raccolta o se ha avuto problemi ad arrivarci.

In questo modo, non solo l'azienda è in grado di avere l'appello del personale in tempi molto rapidi, ma le squadre di soccorso possono anche intervenire in modo mirato nel luogo esatto in cui le persone disperse risultano essere collocate, con evidenti vantaggi in termini di efficienza e velocità di intervento (D. Loschiavo).



Figura 16 - Test di afferraggio, sollevamento e movimentazione di un oggetto di forma non regolare da parte di un drone

BOX

UN DRONE NEL PROCESSO DI PRODUZIONE

Un drone, dotato di capacità di localizzazione indoor basata su un mix di visione artificiale e sistemi di triangolazione a microonde, può efficacemente sostituire tecniche di sposta-

mento di semilavorati in varie zone di un impianto sfruttando il volume, spesso già disponibile ed inutilizzato, al di sopra dei macchinari (L. Pollini).

Inoltre, il drone può essere integrato con sistemi di identificazione automatica dei semilavorati o dei prodotti finiti per rendere ancora più automatico ed efficiente il processo di movimentazione.

Infine, l'uso dei droni per spostamenti che includono la terza dimensione potrebbe rendere più semplice il layout di un nuovo impianto, facilitare la riconversione di un impianto esistente per nuovi prodotti, ma anche aprire la strada a nuovi impianti più compatti, agili e totalmente riconfigurabili.



Figura 17 - Gripper a due dita in grado di afferrare oggetti diversi

grandemente di una logistica intelligente. L'uso di piccoli ed agili velivoli senza pilota, comunemente chiamati droni, può rappresentare un valido strumento per la logistica *intra-factory* e di corto raggio.

Un aspetto estremamente interessante, soprattutto per le PMI che realizzano grandi varietà di prodotti, è quello della riconfigurabilità della linea di produzione e delle macchine

utilizzate per la logistica. A tal proposito è possibile immaginare l'introduzione di squadre di robot mobili e riconfigurabili rapidamente che supportano l'operatore lungo la linea di produzione, assemblaggio e logistica anche al variare del tipo di produzione. La possibilità di riconfigurare questi dispositivi in modo agevole è di primaria importanza per ottenere la massima flessibilità, punto forte delle PMI e uno degli obiettivi primari

dell'Industria 4.0.

Parlando di robot flessibili e adatti ad attività di tipo diverso non dobbiamo pensare solo agli AGV. Infatti esistono diverse tipologie di robot riconfigurabili: **FRANKA EMIKA** è un caso esemplare. Questi robot collaborativi sono in grado di compiere diverse tipologie di lavorazione e queste possono essere configurate grazie all'acquisto di specifiche app, riferite alle varie fun-

BOX

AMAZON PICKING CHALLENGE

Amazon è in grado di impacchettare e spedire rapidamente milioni di articoli ai clienti da una rete di magazzini in tutto il mondo.

Questo non sarebbe possibile

senza sfruttare le tecnologie più all'avanguardia. I magazzini automatizzati di **Amazon** sono infatti riusciti a eliminare gran parte delle movimentazioni e della ricerca di elementi all'interno di un magazzino. Tuttavia, commercialmente parlando, l'afferraggio automatizzato di oggetti sempre diversi in ambienti non strutturati rimane ancora una sfida complessa. Per questa ragione Amazon ha organizzato una compe-

tizione fra gruppi di ricerca per l'afferraggio totalmente autonomo di oggetti di forma, colore, dimensioni e rigidità diversi.

Un esempio di *gripper* in grado di afferrare oggetti di forma diversa è visibile al link: <https://www.youtube.com/watch?v=elvsmWG44FQ>

zioni, che l'azienda produttrice propone ai propri clienti. Quindi se l'operatore avrà bisogno della funzione "avvitatura" dovrà solo acquistare la app per programmare il robot che ha già in casa e potrà far svolgere quella funzione allo stesso robot che fino a quel momento era stato in grado solo di fare pick and place degli oggetti. A questo punto si tratta soltanto di capire se e come è possibile sfruttare queste tecnologie, e quali sono i costi da sostenere per la loro adozione.

Il percorso da intraprendere per perseguire la digitalizzazione descritto nel capitolo **Come approcciarsi all'Industria 4.0** è naturalmente valido anche per gli interventi in logistica, per cui nella fase di audit sarà possibile per l'azienda comprendere se e quali sono le tecnologie da adottare (ad esempio se è opportuno introdurre un robot, un AGV, un sistema di TAG RFID per identificare le merci in magazzino, o una delle altre soluzioni possibili) per migliorare le performance nella logistica.

Per quanto riguarda il magazzino ad esempio sarà necessario stabilire se è opportuno adottare una tecnologia all'avanguardia come quelle già diffuse nella Grande Distribuzione Organizzata (GDO) dai grandi centri di distribuzione dove si utilizzano carrelli automatizzati per la movimentazione delle merci, (come avviene nei magazzini di **Amazon**), e quale gripper è più indicato per afferrare i prodotti, i componenti o le materie prime. Quest'ultimo è un punto piuttosto delicato: il *pick*ing è un'operazione estremamente complessa, soprattutto nel caso in cui ci sia una grande varietà di prodotti: in quel caso anche il gripper dovrà essere in grado di afferrare oggetti con forma, dimensione, resistenza e materiale diversi. Un esempio di

tale gripper è visibile in **Figura 17**.

La movimentazione delle merci all'interno degli spazi aziendali però include un'altra problematica che si lega in parte con le questioni relative alla logistica esterna e che risiede nelle attività di *unloading*, ossia nella necessità di svuotare i container contenenti le materie prime, i semilavorati o i prodotti finiti che l'azienda riceve dai propri fornitori. Questo aspetto è di estrema rilevanza in quanto spesso rappresenta un collo di bottiglia per le attività logistiche delle aziende. Questo perché solitamente viene svolta manualmente con un gran consumo di tempo e risorse e con grandi rischi legati alla sicurezza degli operatori, oltre che alla possibilità di furti o di danneggiamenti delle merci.

Per fare fronte a tale criticità si stanno sviluppando dei sistemi di auto-unloading robotizzati in grado di riconoscere le merci grazie alla possibilità di leggere TAG RFID o simili e di comunicare con il sistema gestionale dell'azienda così da inserire a sistema in modo veloce ed automatizzato le merci in ingresso.

Questi sistemi infatti consentono di preparare in modo automatico i pallet contenenti le merci ricevute e di prepararli per la spedizione con tanto di etichettatrici che consentono agli operatori di gestire nel modo più appropriato le merci all'interno del magazzino.

Al link di seguito un esempio di come tali soluzioni supportano le attività aziendali: <https://www.youtube.com/watch?v=A5n-sTrMtO8>

In conclusione, per realizzare un sistema di logistica interna 4.0 non basta introdurre delle tecnologie che permettono l'automazione del pro-

cesso: occorre adottare un approccio robusto che porti l'azienda a lavorare meglio, integrando le informazioni provenienti dalle diverse stazioni di produzione e/o assemblaggio e fornendo in anticipo i dati di produzione ai magazzini, alle vendite, alla manutenzione e a tutte le altre funzioni.

Inoltre spingere sulla massima flessibilità nella logistica interna significa puntare alla customizzazione di massa dei prodotti. Questo è ottenibile attraverso la *mass customization*, produzione flessibile ed integrata con le informazioni provenienti dai clienti, o con il Postponement, una tecnica di produzione che sposta la personalizzazione del prodotto il più a valle possibile cioè il più vicino possibile al cliente per riuscire a minimizzare le scorte di prodotto.

BOX

LOCALIZZAZIONE INDOOR CON RFID

I sistemi di identificazione a radio frequenza, passivi o attivi, inizialmente sviluppati con l'unico scopo di identificare da remoto oggetti o persone, possono anche essere utilizzati per implementare accurati sistemi di radiolocalizzazione per ambienti indoor. In ambito industriale essi trovano applicazione nei sistemi di warehouse management, nella riduzione degli incidenti tra operatori e macchinari, e più in generale nella implementazione di sistemi di traceability&tracking. La disponibilità di tecnologie wireless per la valutazione della posizione di macchinari e operatori, in tempo reale e con dispositivi a basso costo, è elemento essenziale per un'ampia diffusione dei sistemi di sicurezza negli ambienti di lavoro (P. Nepa)

SISTEMA DI TRACKING DELLE RISORSE IN MAGAZZINO

Contesto:

Un'azienda toscana ha sviluppato una soluzione in grado di registrare autonomamente il prelievo o la resa di attrezzature da lavoro da un dato magazzino, in modo da evitare la perdita del materiale e ridurre lo spreco di tempo dovuto alla ricerca dell'attrezzatura stessa per via del mancato aggiornamento del registro o di errori nella trascrizione dei dati nell'ERP aziendale.

Vantaggi ottenuti:

- Riduzione tempo perso per cercare le attrezzature
- Monitoraggio continuo e registrazione degli spostamenti delle attrezzature
- Maggiore responsabilizzazione dei dipendenti

Tecnologie utilizzate:

- TAG RFID UHF
- Antenne per il rilevamento RFID
- SignalR
- SQL server

- Enterprise Resource Planning (ERP)

3logic MK, azienda toscana che si occupa di sviluppo software e integrazioni di sistemi, ha risposto ad una esigenza specifica pervenuta dal mercato. L'esigenza era quella di ridurre lo spreco di tempo dovuto alla ricerca delle attrezzature necessarie alla produzione che non si trovano nel magazzino, perché effettivamente in uso da parte di un operatore che non le ha correttamente registrate nell'ERP aziendale.

Per far fronte a questo bisogno 3logic MK ha sviluppato un varco, da installare alle porte del magazzino, che grazie alle antenne di cui è dotato fosse in grado di monitorare il passaggio di persone e oggetti muniti di TAG RFID UHF passivi (come quelli presenti nelle etichette degli abiti o nelle costole dei libri). Questa soluzione permette al sistema di registrare il passaggio dell'attrezzatura e di associarlo all'operatore che passa insieme a lui, e che quindi ha preso o ha riportato l'oggetto.

Il sistema quindi non solo è in grado di riconoscere il passaggio dell'operatore con l'attrezzo prelevato, ma è anche in grado di stabilire se l'operatore è uscito o rientrato in magazzino, e dunque se l'attrezzatura è stata prelevata o riportata al suo posto, effettuando in automatico il cari-

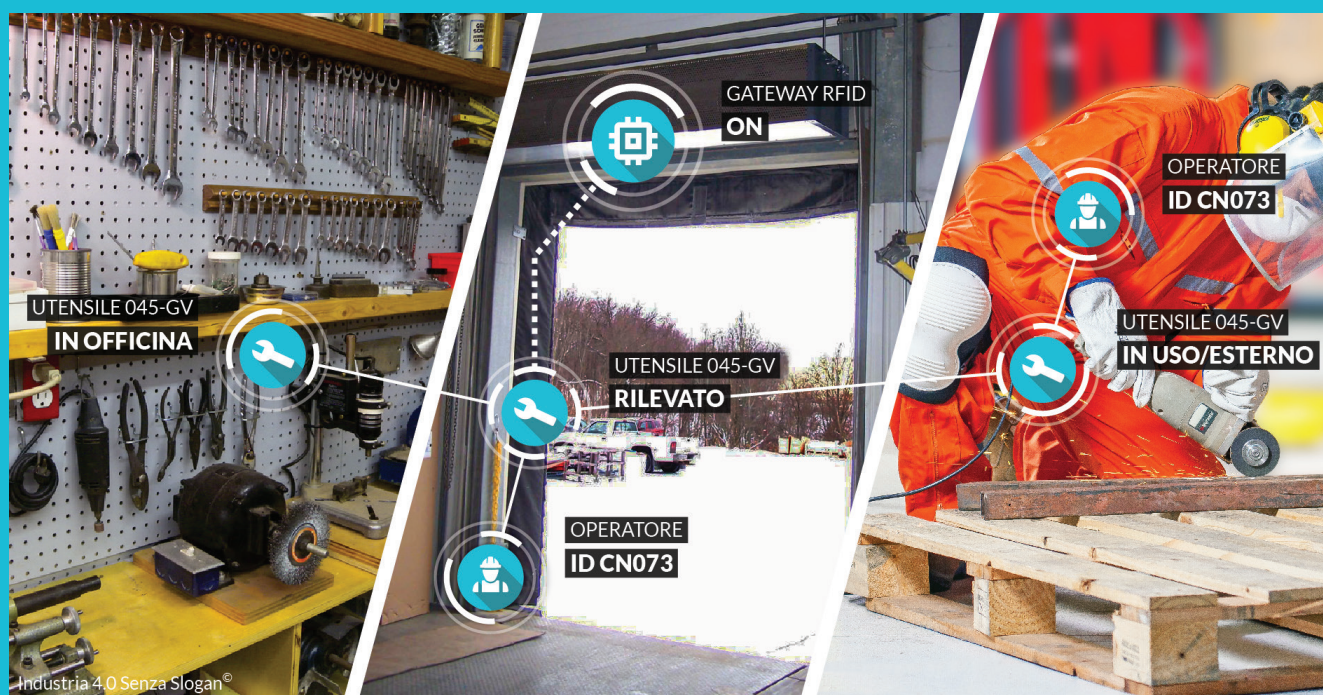


Figura 18 - Funzionamento del sistema di tracciatura degli utensili

co o lo scarico dell'oggetto dal magazzino nell'ERP aziendale (D. Loschiavo).

Oltre a ridurre lo spreco di tempo dovuto alla ricerca delle attrezzature non presenti in magazzino nel momento in cui servono, questa soluzione permette di azzerare i casi di errore umano nella compilazione di un registro cartaceo di inventario e contribuisce a ridurre i casi di smarrimento del materiale tecnico creduto perso e i costi dovuti all'eventuale ripristino dello stesso.

Il case study appena esposto costituisce anche un esempio dell'adozione di approcci diversi alla soluzione di un problema. L'azienda avrebbe potuto optare per l'adozione di un sistema di localizzazione delle at-

trezzature basato su tecnologie più potenti e complesse che avrebbe avuto costi e problemi di integrazione potenzialmente molto elevati, per raggiungere comunque lo stesso risultato.

La modalità scelta dall'azienda toscana invece costituisce per questo caso specifico un modo più semplice ma altrettanto efficace per risolvere il problema.

CASO

"SMARTIFICAZIONE" DEI MEZZI DI TRASPORTO

Contesto:

Le tecnologie dell'Industria 4.0 danno la possibilità di risolvere o mitigare una tra le tante cause dei fermi macchina di un processo produttivo: i ritardi nella consegna dei materiali.

Vantaggi ottenuti:

- Efficientamento del processo di ricevimento delle merci
- Diminuzione dei tempi di fermo macchina dovuto a un ritardo nell'arrivo della merce

Tecnologie utilizzate

- GPS
- Cloud
- Software di sviluppo Zerynth

Un istante dopo aver fatto un GANTT per programmare tutte le attività da svolgere probabilmente si sarà già verificato un ritardo rispetto a quanto stabilito. Si tratta dell'eterna lotta tra la pianificazione e l'esecuzione, lotta che probabilmente non verrà mai vinta al 100%. Sarà possibile vincere un certo numero di battaglie, ma sicuramente non tutte perché gli imprevisti nel mondo reale sono all'ordine del giorno e spesso nemmeno i più sofisticati sistemi di simulazione sono in grado di prevederli. Gli operatori non hanno sempre lo stesso ritmo, possono ammalarsi, le macchine si guastano, i fornitori non rispettano sempre le scadenze, il corriere che trasporta i pezzi necessari può trovare un blocco durante il tragitto, ovvero tutti eventi, prevedibili e non, che contribuiscono ad accumulare ritardi nella produzione. Quello che è possibile fare però è ridurre al massimo l'impatto che un certo evento può avere sull'andamento dei lavori venendone a conoscenza prima possibile.

Oggi alcuni degli imprevisti che si possono verificare si possono conoscere in tempo reale, ed è possibile ri-programmare la produzione in base a questi. Oggi infatti è diventato molto semplice ed economico installare dei GPS sui mezzi di trasporto utilizzati per la con-

segna di materie prime e semilavorati. Grazie a questi sistemi il cliente può sapere dove si trova la merce che sta aspettando, riuscendo a stimare l'orario di arrivo a destinazione sulla base della situazione del traffico e degli ostacoli presenti lungo il tragitto.

Questo sistema consente di migliorare (se non risolvere) i problemi che scaturiscono dai ritardi nella consegna delle merci. Per fare un esempio, se un'azienda ha previsto di cominciare la produzione alle ore 14:00

con del materiale previsto in arrivo durante la mattinata, può, in caso di ritardo della merce, ricevere una notifica che avvisa che la merce non arriverà in tempo e ri-programmare la produzione prevedendo di occupare i macchinari con altre lavorazioni tamponando o eliminando così il problema del fermo macchina altrimenti inevitabile.



Figura 19 - Collegamento tra mezzi di trasporto, operatori e sistema informativo aziendale

Se da un lato possiamo migliorare le attività di logistica interna sulla base degli input che i sistemi 4.0 consentono di ottenere dai fornitori, dall'altro grazie ai sistemi di simulazione potremo efficientare altri aspetti che sono esclusivamente riconducibili alle attività interne all'azienda.

I software di simulazione sono sistemi che individuano e visualizzano un modello astratto che rappresenta il reale funzionamento di uno o più processi e permettono di variare i parame-

tri in modo da valutare l'impatto sul sistema derivante da tali modifiche. Esistono software avanzati che includono anche funzioni che consentono di individuare lo scenario migliore fornendo così un valido supporto alle decisioni.

Finora uno dei problemi classici della modellazione era la scarsità di dati su cui costruire il modello. Oggi i Big Data consentono di ottenere informazioni potenti e con la loro manipolazione è

possibile estrarre un modello più verosimile che permette di eseguire una simulazione più precisa e in minor tempo (M. Frosolini).

OTTIMIZZAZIONE ATTRAVERSO LA SIMULAZIONE

Contesto:

Azienda manifatturiera produttrice di metalli con la necessità di ottimizzare il processo produttivo perché in presenza di setup lunghi e mix complessi da gestire.

Vantaggi ottenuti:

- Ottimizzazione del processo produttivo
- Riduzione dei costi di produzione e di magazzino
- Modellazione di sistemi complessi
- Versatilità del simulatore a tutte le aree

Tecnologie utilizzate:

- Software evoluti di simulazione

Un'azienda manifatturiera produttrice di metalli si è trovata in condizione di avere un numero piuttosto elevato di guasti, tempi di setup troppo lunghi e un sistema di produzione completamente inefficiente. L'azienda ha deciso di implementare un sistema di si-

mulazione per analizzare la situazione e ottenere dei miglioramenti tangibili grazie all'introduzione di un software in grado di simulare e analizzare il comportamento di un processo.

Prendendo in *input* i dati sui parametri ottenuti dal monitoraggio continuo sul processo, il software ha permesso di rilevare che esisteva un collo di bottiglia dovuto ad un singolo macchinario. Il management aziendale non era consapevole di questo fatto perché le informazioni che aveva in processo erano poco accurate e poco aggiornate. In questo caso il software di simulazione ha permesso anche di far emergere la criticità in questione, accrescere il *know-how* del processo e il grado di conoscenza che il management aveva della propria azienda.

In dettaglio, sulla base dei risultati della simulazione è stato possibile ridurre il tempo necessario per il setup degli impianti applicando la metodologia SMED e sono state parallelizzate le operazioni di setup su cui si verificava il collo di bottiglia riuscendo anche a colmare i tempi morti degli operatori.



Figura 20 - Simulazione utilizzata per ottenere miglioramenti su un processo



Logistica esterna, retail e post-vendita

Il mondo fuori dai cancelli della fabbrica

Spesso le aziende manifatturiere non pongono la dovuta attenzione alle opportunità che derivano dalla gestione della logistica esterna; per alcuni infatti cosa succede prima che la merce arrivi nel proprio magazzino o una volta consegnati i prodotti è trascurabile, se paragonato a cosa succede all'interno dell'azienda. In realtà però

in un contesto come quello odierno in cui nessuno può esimersi dal ricercare la massima efficienza, la gestione della logistica esterna, e quindi della catena estesa del valore, assume un ruolo rilevante.

Tra i vantaggi maggiori dell'aver un'integrazione di tutte le parti

della supply chain c'è quello derivante dalla disponibilità di informazioni, che nell'Industria 4.0 si riflette nella presenza di un sistema di raccolta, di elaborazione e di analisi dei dati (M. Braglia).

BOX

COME FUNZIONA UNA BLOCKCHAIN

Una blockchain (nella sua forma più semplice) è composta da una serie di attori collegati in rete e tutti allo stesso livello si scambiano informazioni digitali e le certificano mediante la risoluzione di un algoritmo.

La risoluzione dell'algoritmo viene pagata (pochi centesimi) dagli elementi della rete che fanno a

risolvere gli algoritmi per certificare le transazioni.

Alla transazione può essere associato ogni tipo di dato e in particolare:

- Identificatori univoci
- Trasferimento di criptovalute
- Veri e propri programmi eseguibili al momento della certificazione della transazione

Questo può avere dei risvolti molto interessanti nel passaggio da logistica esterna a magazzino, permettendo di certificare qualunque tipo di transazione

avvenga tra l'azienda fornitrice e l'azienda cliente (come descritto nel caso dedicato agli smart contract) e scatenando una serie di eventi software che impattano simultaneamente sugli acquisti (pagamento della fattura), sui magazzini (inserimento automatico dei codici a magazzino) e sull'avvio della produzione (schedulazione dei cicli di lavoro dipendenti dalle materie prime o semilavorati appena arrivati) (V. Gervasi).

I Big Data assumono un valore rilevante anche nell'ambito della logistica esterna in quanto forniscono alle aziende la possibilità di prendere delle decisioni sulla base di informazioni precise e puntuali provenienti dal mercato in tempo reale.

Per fare un esempio, analizzare i dati di vendita registrati sugli scaffali dei negozi porta a vantaggi che si riflettono in minori costi da sostenere. Nello specifico emergono una serie di possibilità che l'azienda potrà sfruttare:

- Consentire ai propri clienti di effettuare i riordini della merce in modo automatico allo scopo di evitare di non avere il prodotto disponibile o di avere i negozi pieni di merce invenduta (una sorta di Amazon button per il retail o la GDO)
- Studiare le preferenze del mercato per una riprogettazione futura del prodotto, o della sua posizione negli scaffali
- Ripianificare al meglio la produzione e gli ordini di materie prime in base agli andamenti delle vendite.

In modo analogo conoscere lo stato

di avanzamento della produzione dei semilavorati che l'azienda sta aspettando per poter produrre il prodotto finito porta altrettanti vantaggi, soprattutto nella programmazione della produzione, che a quel punto sarà vincolata non soltanto alle date previste di arrivo delle merci, ma anche ad eventuali guasti o ritardi che il fornitore sta accumulando e che possono essere noti in tempo reale.

Questi sono solo alcuni esempi, ma i benefici che le soluzioni 4.0 possono apportare a questo tipo di attività sono innumerevoli e si ripercuotono su tutti gli attori della catena; dai fornitori delle materie prime fino al cliente finale.

Infatti se da un lato i concetti espressi sopra vengono ormai analizzati da molti anni, sono le tecnologie dell'Industria 4.0 che consentono di implementarli in modo semplice e veloce permettendo l'identificazione delle merci (con gli RFID), la raccolta e l'analisi dei dati e l'estrazione delle informazioni rilevanti (Intelligenza distribuita, algoritmi più performanti, capacità computazionale elevata), il

trasferimento dei dati tra le aziende (protocolli di comunicazione e di sicurezza), il completamento di transazioni economiche (**blockchain**).

Proprio le blockchain sono una delle tecnologie più interessanti tra quelle che possono avere un impatto significativo nell'ambito della logistica esterna in quanto si tratta di sistemi che consentono la certificazione delle informazioni e delle transazioni effettuate tra i nodi partecipanti alla rete, come fossero dei registri pubblici distribuiti.

Il vantaggio principale delle blockchain sta nel fatto che permettono di certificare una qualunque forma di transazione che avviene tra entità (persone o aziende) senza bisogno che qualche soggetto esterno (ad esempio un notaio) ne sancisca la validità, che è garantita dall'algoritmo che è alla base delle stesse (G. Baldi).

CASO

SMART CONTRACT NELLA LOGISTICA ESTERNA

Contesto:

Il presente caso illustra una possibile applicazione della blockchain per garantire la sicurezza delle transazioni nel campo della logistica esterna.

Vantaggi ottenuti:

- Certificazione automatica delle transazioni
- Possibilità di avere transazioni condizionate allo sta-

to della merce

- Inserimento automatico del carico/scarico di magazzino nel sistema gestionale
- Automatizzazione della fatturazione
- Automatizzazione dello scheduling della produzione

Tecnologie utilizzate

- Blockchain
- Sensore di temperatura

Una possibile applicazione della blockchain si ha nella logistica esterna e nel reparto acquisti di un'azienda.

Con i blockchain infatti è possibile stipulare dei contratti, chiamati "**smart contract**". In questi contratti è possibile

stabilire condizioni verificate le quali il contratto si attiva. In questo modo la transazione economica tra due soggetti avviene se la merce rispetta determinati requisiti. Ad esempio la merce trasportata da un corriere può essere sensorizzata in modo da tracciare le condizioni ambientali durante il trasporto. Questo è molto utile nel caso in cui la merce subisca un deterioramento in base alla temperatura. All'arrivo dal cliente sarà necessario che il sistema verifichi che la condizione sulla temperatura sia stata rispettata perché il contratto si attivi, e perché avvenga effettivamente la transazione. Inoltre il sistema può essere incorporato nel sistema informativo aziendale che può registrare l'arrivo della

merce in magazzino.

Inoltre esistono sistemi di anticorruzione, (come ad esempio si può vedere su <http://riddleandcode.com/>), per cui associando un identificatore unico in una transazione blockchain al produttore e all'acquirente è possibile verificare la contraffazione o meno della transazione stessa.

Questo meccanismo è sicuro e certificato dall'algoritmo di funzionamento dello stesso, e permette di accettare la merce su condizione, il che può rappresentare un punto di svolta nei rapporti tra le aziende.



Figura 21 - Logica di funzionamento degli smart contract

Un miglioramento della logistica esterna può derivare anche dall'utilizzo delle tecniche di modellazione e simulazione dei processi. Grazie alle nuove tecnologie digitali infatti diventa sempre più fattibile l'esecuzione di simulazioni precise e affidabili che riguardano l'intera supply chain, dal fornitore di materie prime fino al distributore.

I rapporti all'interno della supply chain, che finora erano rigidi a causa della mancanza di capacità delle tecnologie di gestire la complessità del sistema,

grazie all'Industria 4.0 possono essere sfruttati al meglio per migliorare l'efficienza della catena globale.

Il comportamento di un sistema così ampio, flessibile e veloce risulta difficile da modellare a priori in una mappa di processo perciò è necessario individuare nuove modalità per abilitare tale gestione come ad esempio il Process Mining.

Il Process Mining è una metodologia che permette di effettuare l'analisi dei processi basata sui comportamenti re-

ali ovvero costruisce un modello astratto coerente con il comportamento reale del sistema (G. Vaglini).

Il Process Mining permette inoltre di andare oltre la gestione dei processi interni alla singola azienda per i quali i software come il Business Process Model and Notation (BPMN) consentono di mappare il comportamento specifico di un soggetto (D. Aloini).

Un passo ulteriore che il 4.0 permette di fare nella gestione dei processi lungo la supply chain

è la simulazione del workflow. La simulazione permette di modellare il legame tra le aziende anche laddove non è possibile avere una visione del reale comportamento perciò abilita ad una gestione intelligente dei processi (M. Cimino).

Un esempio di questo è disponibile al link: <https://www.youtube.com/watch?v=ZUGo08dynYY>

Volendo dare uno sguardo al futuro inoltre si può pensare ad un'applicazione delle tecnologie 4.0 che riguardano strettamente la fase di consegna delle merci: *i droni ormai fanno parte della normalità, soprattutto in alcune zone del mondo, quindi è facile immaginare che l'ultimo tratto della consegna dei beni si possa effettuare con l'utilizzo dei droni come già testato da Amazon (L. Pallottino).*

Altro argomento non trascurabile, sebbene un po' futuribile, riguarda le auto con guida automatica: nel mondo si trovano già diverse applicazio-

ni, ma in un prossimo futuro questa tecnologia potrà essere sviluppata al punto da avere mezzi di trasporto che effettuano autonomamente le consegne o che, oltre alla merce, trasportano al loro interno anche i droni che effettuano il cosiddetto "ultimo miglio". Non è certo che nei prossimi anni avremo la possibilità di assistere a questo tipo di consegna, ma probabilmente potremo vedere un tipo di trasporto merci diverso da quello attuale, composto da flotte di TIR che si muovono insieme in scia, come una sorta di treno su gomma.

Il TIR che sarà in testa si comporterà come leader della flotta e le manovre fatte dal suo autista guideranno anche gli altri mezzi mentre gli autisti degli stessi potranno riposarsi fino allo svincolo in cui si separeranno o potranno dare il cambio al leader effettuando così viaggi più lunghi, rapidi e sicuri. Soluzioni come questa si sono date battaglia all'interno del progetto **European Truck Platooning Challenge** che mira appunto allo sviluppo di soluzioni innovative nella gestione delle flotte di veicoli.

Questi ultimi aspetti sono quasi futuristici, e sicuramente dovremo aspettare del tempo prima di capire se e come diventa conveniente integrarli all'interno delle attività aziendali, ma sicuramente sono tecnologie da monitorare e prendere in considerazione nel momento in cui si valuta insieme ad un agente tecnologico la possibilità di evolversi da azienda 3.0 ad azienda 4.0.

I Big Data possono essere alla base di innovazioni rivoluzionarie anche per quel che concerne le attività di marketing.

In particolare, grazie alle informazioni derivanti dall'analisi dei dati raccolti sui social media o per mezzo dei sensori installati su particolari tipi di espositori, l'azienda può riuscire ad affinare le proprie strategie di marketing monitorando in modo costante i comportamenti di consumo dei propri clienti (L. Zanni).

BOX

IL PROCESS MINING NELLA PROGETTAZIONE DEI PROCESSI

Un'applicazione interessante consente di passare da un codesign basato su sistemi di comunicazione tradizionali ad un sistema che permette alle aziende di ricevere informazioni direttamente dalle tecnologie di altre aziende. Per fare questo è necessario seguire il seguente percorso.

Innanzitutto è necessario individuare le ontologie web, ovvero una rap-

presentazione formale e condivisa del dato all'interno di un certo dominio di interesse. Questo permette di allineare le informazioni variando il contenuto in base all'interrogazione così che il significato percepito sia lo stesso per tutti gli utenti. Successivamente, il Process Mining permette di mappare i rapporti esistenti all'interno della catena del valore nonostante sia un sistema complesso in cui è difficile modellare tutti i processi in una mappa.

Infine la mappatura inserita in un software di simulazione permette di visualizzare e valutare i compor-

tamenti del modello in fase di pianificazione.

Attraverso questi elementi è possibile rappresentare in un modello i rapporti tra i soggetti della catena, invece il sistema web service permette l'interoperabilità tra i soggetti della rete in quanto è composto da software che si agganciano ad altri software per effettuare delle interrogazioni. Quindi è possibile propagare automaticamente l'interrogazione all'interno della community e sapere se in un certo momento un certo tipo di componente è disponibile e da che fornitore.

UNA VETRINA 4.0

Contesto:

Un'azienda toscana ha sviluppato dei dispositivi intelligenti per creare una vetrina 4.0. La vetrina raccoglie dati sulle preferenze dei clienti e si adatta alla tipologia di cliente che la sta osservando.

Vantaggi ottenuti:

- Ampliamento dello spazio di esposizione
- Acquisizione di dati di mercato basati sulla correlazione tra prodotto visualizzato ed effettivo acquisto
- Trasformazione di una vetrina statica in una vetrina paragonabile ad un cartellone pubblicitario dinamico che si personalizza in base all'utenza che la sta guardando

Tecnologie utilizzate:

- Wi-fi
- Microcontrollore
- App mobile
- Software di sviluppo Zerynth

La vetrina è un punto di contatto fondamentale nel rapporto tra negozio e cliente.

Essa rende visibile all'esterno quello che il punto vendita offre ed è determinante affinché un potenziale cliente possa scegliere di entrare ed acquistare o passare oltre.

Questi aspetti sono molto importanti per una prestigiosa gioielleria parigina che ha deciso di trasformare la sua vetrina in una vetrina 4.0 grazie al lavoro di due aziende italiane: un'officina grafica toscana che ha progettato e installato il sistema, e **Zerynth**, che ha fornito la tecnologia abilitante per il funzionamento del sistema.

Il prodotto che ha rivoluzionato questa vetrina è un sistema di 12 tavole rotanti controllate ognuna da un microcontrollore a 32bit in grado di mostrare, nel solito spazio espositivo, il doppio delle collezioni che la gioielleria propone ai clienti. Ogni tavola si installa e si mantiene facilmente, è controllabile da remoto con

una app ed è in grado di ruotare 24 ore su 24, 7 giorni su 7.

Grazie ad una app mobile il gioielliere ha la possibilità di fermare la rotazione di ogni espositore nella posizione voluta per permettere ai clienti di ammirare una determinata collezione, prelevare l'oggetto e farlo indossare al cliente.

L'aspetto innovativo delle tavole però non sta nella capacità di ruotare e di fermarsi in determinate posizioni: La cosa che rende 4.0 il prodotto sta nella generazione e condivisione dei dati rilevati (quale tavola è stata bloccata più spesso, in quale posizione, se il cliente ha poi comprato quel prodotto o no, se ne ha comprati altri) che possono essere utili a molte altre attività aziendali, ad esempio il marketing, la pianificazione degli acquisti, l'impostazione di piani di comunicazione (D. Mazzei).

Grazie a questa installazione è infatti possibile:

- Stabilire quante volte i clienti hanno richiesto di guardare una collezione piuttosto che un'altra: è possibile quindi, studiando il comportamento dei clienti, capire a quali prodotti il mercato è più interessato, o a quali prodotti non è affatto interessato
- Trasformare una vetrina normalmente statica in una vetrina dinamica che segue i principi dei cartelloni pubblicitari; nello specifico, durante gli orari di uscita degli uffici, la vetrina può mostrare ai passanti per più tempo una collezione di orologi maschili e parure più giovanili, mentre, durante il pomeriggio, quando le signore parigine escono e si incontrano per prendere un tè, può mostrare per più tempo delle parure più eleganti.
- Analizzare la correlazione tra il numero di volte in cui un cliente guarda un prodotto e le vendite del prodotto stesso (dato proveniente dal registratore di cassa) per capire se effettivamente un prodotto genera un acquisto da parte di un cliente interessato. Inoltre si può comprendere quali sono i prodotti civetta, in grado di catturare l'attenzione del cliente, ma che poi inducono all'acquisto di altri oggetti (magari più remunerativi per il negozio).

È quasi superfluo spiegare che queste tecnologie per-

mettono di capire quante persone sono entrate in un centro commerciale semplicemente monitorando la presenza dei cellulari degli acquirenti, quante persone si sono fermate davanti alla vetrina mediante due sen-

sori ad ultrasuoni e quanti sono entrati in un particolare negozio attraverso un paio di fotocellule.

Se come abbiamo visto le tecnologie di Industria 4.0



Figura 22 - Espositori rotanti che rendono 4.0 la vetrina di una gioielleria (Cortesia, Zerynth)

possono avere un impatto considerevole sulle attività di vendita fornendo supporto anche alle scelte strategiche delle aziende, lo stesso può avvenire rispetto all'erogazione di servizi post-vendita o di assistenza clienti.

Con la sola presenza di sensori e sistemi dotati di una scheda elettronica di controllo nei prodotti, è possibile semplificare l'erogazione dei servi-

zi post vendita, che possono essere erogati sia con la presenza fisica di operatori, che da remoto.

Nello specifico, grazie alle tecnologie digitali è possibile diagnosticare rapidamente, attraverso l'uso di software dedicati, i problemi che una macchina o un impianto possono avere, definendo anche i costi per la riparazione.

D'altro canto, grazie alla possibilità di connettere i prodotti alla rete il rivenditore/produttore potrà completare la diagnostica da remoto e, nel caso in cui il problema sia a livello software, potrà risolvere il problema evitando di andare dal cliente o senza che questi sia costretto a portare il prodotto in officina.

Tali soluzioni consentono di velociz-

BOX

NUOVI SISTEMI DI DIAGNOSTICA DEI GUASTI

Nel maggio 2015 un'officina italiana di **Mercedes-Benz** ha introdotto un nuovo strumento di diagnostica e oggi circa l'85% delle accettazioni è effettuato tramite il tablet.

Grazie ad una app dedicata, infatti completare un **Vehicle Health Check (VHC)** in officina è diventa-

to quasi un gioco da ragazzi. Inoltre grazie all'integrazione con il DMS è possibile creare un preventivo accurato (con prezzi, informazioni sui ricambi e costi di manodopera) in tempo reale che i clienti possono visualizzare ed autorizzare direttamente dallo schermo del tablet.

zare enormemente i sistemi di assistenza post-vendita, di migliorare il rapporto con i clienti e consentono al produttore di proporre agli stessi servizi aggiuntivi che diano luogo a nuovi fonti di reddito.

D'altronde qualora l'azienda abbia canali social attivi (**facebook, twitter, linkedin** per citarne alcuni) è possibile trattare i testi dei social network come un reale canale di ascolto del cliente. Post, commenti, reactions, reti di relazioni sono alcune delle più im-

portanti tipologie di dati social da cui si può estrarre preziosa conoscenza.

I social possono essere utilizzati per comprendere l'opinione (detta sentiment) espressa dagli utenti nei confronti di specifiche tematiche o contesti, per studiare tendenze e per valutare la reputazione di prodotti ed aziende, per identificare e predire fenomeni ed eventi (P. Ducange).

Sentiment analysis, opinion mining, social sensing sono alcune parole chiave utilizzate per descrivere alcune tecnologie utilizzate per l'analisi dei flussi di informazione nei social media.

CASO

PIATTAFORMA PER LE ATTIVITÀ POST- VENDITA

Contesto:

Un'azienda, cliente di **Net7 S.r.l.**, che produce macchinari ad alta tecnologia e vende in tutto il mondo. L'azienda ha la necessità di rendere le attività di assistenza e formazione post-vendita più efficienti e meno costose impattando positivamente sul rapporto con i clienti.

Vantaggi ottenuti:

- Riduzione dei costi e dei tempi di assistenza
- Riduzione dei costi di formazione e marketing
- Erogazione di nuovi servizi post-vendita
- Aumento della fidelizzazione del cliente

Tecnologie utilizzate:

- Portale web
- Piattaforma open source (**Drupal**)
- Software di base open source

Un cliente si è rivolto a Net7 al fine di migliorare le attività di assistenza e formazione post-vendita e il rapporto con i clienti, implementando una soluzione che

permette di potenziare il rapporto dell'impresa con la propria clientela internazionale tramite un portale web che fornisce al cliente strumenti avanzati di supporto e presenta informazioni di marketing mirate; ad esempio fornisce informazioni sulle installazioni e sulla situazione contabile, e propone l'acquisto di accessori, di formazione e di servizi di assistenza.

I dati sui macchinari, sui processi e sulla clientela sono già resi disponibili dagli altri sistemi aziendali e sono quindi integrati e condivisi sulla rete. La piattaforma infatti non sostituisce l'esistente ma valorizza il patrimonio informativo dell'azienda. In ambito aziendale solitamente le soluzioni sono verticali e rigide, perciò obbligano l'impresa ad adattarsi ad esse, invece in questo modo è possibile adattarsi alle situazioni velocemente.

Nell'Industria 4.0 è possibile raccogliere dati provenienti da molteplici fonti come le macchine, i sensori ed i sistemi già installati che possono essere analizzati, visualizzati, integrati e che abilitano nuovi servizi (L. De Santis).

Questo portale ha permesso all'azienda fornitrice di non dover più inviare i propri tecnici o addetti al marketing dai clienti sparsi in tutto il mondo per individuare le loro necessità. Infatti il cliente può ottenere direttamente dalla piattaforma le informazioni necessarie per capire autonomamente di cosa ha bisogno e di quali componenti/servizi aggiuntivi può disporre.

Ciò permette di rafforzare il rapporto con il cliente e aumentare la fidelizzazione, ma anche di ampliare le occasioni di guadagno che prima erano condizionate

dalle risorse che venivano impiegate per visite in loco dai clienti.

The screenshot displays a web interface for 'MACHINERY'. The top navigation bar includes 'HOME', 'MY EQUIPMENT LIST', 'DOCUMENTATION', and 'SPARE PARTS E-SHOP'. A user profile 'test_serviceplus' is visible in the top right. The main banner features a factory background with the text 'Rock/Stone dust' and 'Stricter environmental requirements require the proper disposal of abrasive particles from the concrete- and stone working'. Below this is a 'Featured products' section with three items:

- Chamber Filter Press SPK63**: Product Example SPK-63 with 25 filter plates (23 center plates, 1 top plate, end plate 1), double-acting hydraulic power unit, air operated diaphragm pump. Date: 26-09-2016. Includes 'Show details' and icons for shopping cart and document.
- Chamber Filter Press SPK47**: Product example stationary SPK-47 with 20 plates (18 center plates, 1 top plate, end plate 1), manual hydraulic, media pump, open the filtrate exit. Date: 26-09-2016. Includes 'Show details' and icons for shopping cart and document.
- Chamber Filter Press SLP30**: Product example Mobile SLP-30 with 9 filter plates (7 Center panel, 1 top plate, 1 end plate 1). Includes 'Show details' and icons for shopping cart and document.

On the right side, there is a 'NEWS' section with three articles:

- Rapeseed oil production**: For the separation of the mash of oleaginous fruits, filter presses equipped with special filter cloths are an excellent tool. Of course, without any addition of chemicals, filter out.
- Electroplating**: For the treatment of galvanic sludge filter presses find a variety of applications. Mounted adjacent to the plant or on a gallery, for an easier filter cake evacuation, into an easily removable container, the filter press installation varies depending on the system version.
- Rock/Stone dust**: Stricter environmental requirements require the proper disposal of.

Figura 23 - Esempio reale di una piattaforma per servizi post-vendita (cortesia, Net7)



Tecnologie di supporto all'adozione del 4.0 in azienda

Gli strumenti giusti aiutano a fare bene il proprio mestiere

Nonostante in questo opuscolo siano state presentate alcune applicazioni contestualizzandole nell'area aziendale in cui sono maggiormente rilevanti, l'approccio dell'Industria 4.0 insegna che le funzioni aziendali sono connesse tra loro e che dunque le singole tecnologie hanno ricadute su molteplici aree aziendali. Questo è ancora più marcato per i gruppi di tecnologie trattate in questo capitolo, e che nello schema presentato in **Figura 3** sono state rappresentate come attività orizzontali.

Risorse

Il crescente consumo di risorse ambientali e la conseguente erosione sempre più rapida delle risorse disponibili non hanno portato dei benefici reali in termini di reddito alla popolazione dei paesi con le economie più avanzate, come evidenziato dal rapporto di **McKinsey Global Institute** "Poorer than their parents?

A new perspective on income inequality". Infatti il reddito pro-capite della popolazione si è ridotto al punto che una percentuale compresa fra il 65% e il 70% della popolazione si ritrova al termine del decennio che va dal 2005 al 2014 con redditi fermi o addirittura in calo rispetto al livello di partenza, a causa della prolungata crisi econo-

mica e dell'aumento delle disuguaglianze. Non era mai accaduto nulla di simile nei sessanta anni precedenti, cioè dalla fine della Seconda Guerra Mondiale.

In questo contesto, l'adozione di una logica orientata alla sostenibilità e all'economia circolare attuata attra-

verso la riduzione e l'ottimizzazione dei consumi di risorse naturali può essere uno dei driver che contribuisce a frenare tale processo di impoverimento.

La minimizzazione e l'ottimizzazione dell'uso delle risorse disponibili risultano essere quindi due aspetti da prendere in considerazione durante una qualsiasi trasformazione industriale.

Uno degli obiettivi dell'Industria 4.0 deve essere la sostenibilità della produzione, ovvero la minimizzazione dell'uso dell'energia, dell'acqua, dei materiali, la riduzione delle emissioni inquinanti ed il riciclaggio finale del prodotto/macchinario/impianto (U. Desideri).

Riferendosi a tali tematiche, le metodologie più accreditate a livello internazionale sono quelle orientate all'analisi degli impatti ambientali, economici e sociali lungo l'intero ciclo di vita del prodotto. Tra queste, il **Life Cycle Assessment (LCA)** assume grande importanza e va ad integrarsi in modo virtuoso con le nuove tecno-

logie, con i nuovi dati che potranno essere resi disponibili, con il percorso di revisione dei processi industriali in ottica 4.0.

Grazie all'adozione di tecnologie digitali, infatti, si potranno raggiungere livelli di efficienza finora impensabili dal punto di vista della gestione delle risorse ambientali, a partire dalla modifica e razionalizzazione dei processi di produzione fino all'integrazione reale tra l'uso ottimale delle risorse disponibili, il riutilizzo dei sottoprodotti e la razionalizzazione dei flussi energetici (A. Tarabella).

Il percorso che porta alla digitalizzazione consente di tenere conto non solo degli

impatti ambientali diretti, ma anche degli effetti trasversali che il miglioramento ambientale che deriva dalla gestione di una risorsa può provocare sulle altre, ovvero dei cosiddetti «cross media effects» al fine di evitare che un eccessivo impegno nella riduzione di una forma di inquinamento si traduca nel trasferimento della stessa ad un altro media ambientale (aria, acqua, suolo) (A. Tarabella).

La possibilità di monitorare ed analizzare i consumi delle macchine può portare ad un'ottimizzazione dei carichi elettrici assorbiti dalle risorse interne, e gli stessi possono essere

BOX

STAND-BY QUANTO MI COSTI?

La principale fonte di inefficienza di una macchina utensile (ad esempio una fresatrice a controllo numerico) è lo stand-by. Spesso la macchina rimane accesa anche quando non produce sia per garantire il funzionamento sistemi di sicurezza, ma soprattutto perché finora non si è pensato in ottica di consumi e quindi di risparmio energetico.

Superare l'approccio divergente alla progettazione delle macchine utensili che devono garantire alta efficienza energetica e un ambiente sicuro è utile sia per ridurre il consumo energetico che per la sicurezza. Questo tipo di consumi può essere ridotto, garantendo la

conformità ai requisiti di sicurezza, attraverso la decomposizione funzionale del macchinario in fase di progettazione.

Esistono diverse funzioni che condizionano i consumi quando la macchina non lavora come ad esempio il sistema di controllo, monitoraggio e sicurezza e gli apparati che gestiscono la lubrificazione e i servizi ausiliari.

Ad esempio, un consumo energetico ottimizzato basato sulla rimozione temporizzata di energia per unità può causare una non conformità della macchina alle norme di sicurezza. Invece attraverso uno studio integrato della parte elettrica/elettronica e della meccanica, grazie alla loro integrazione informatica è possibile individuare le funzioni della macchina che possono essere disattivate ed ottenere così un risparmio energetico.

ILLUMINAZIONE SMART DELLE LINEE DI PRODUZIONE

L'illuminazione delle linee di produzione potrà essere modificata real-time adattando il livello di luminosità in base al tipo di lavorazione, all'affluenza e alla fascia oraria grazie all'installazione di un sistema sensorizzato in grado di monitorare tali aspetti.

utilizzati per negoziare il costo dell'energia con il provider di turno, contribuendo a ridurre la pressione ambientale dell'azienda sul territorio.

Per quel che concerne il rinnovo del parco macchine è possibile fare il *retrofitting* degli impianti in modo molto più agevole rispetto a 20 anni fa grazie a soluzioni a basso costo (se confrontato con un riacquisto) in maniera da riuscire a monitorare in continuo sia i consumi che gli output delle macchine e i tempi di processo. In questo modo si può dare nuova vita utile alle macchine, migliorandone le performance e posticipando la loro sostituzione o il loro smaltimento, e le si possono integrare all'interno del sistema informativo aziendale.

Azioni di *retrofitting* più importanti o addirittura interi *revamping* delle macchine possono portare a migliorare le prestazioni della macchina così da ridurre i consumi energetici fino ad arrivare a due cifre percentuali.

Se da un lato l'Industria 4.0 consente di ridurre il consumo di risorse, gli

stessi principi si possono applicare per quel che riguarda le attività di riciclaggio e smaltimento, nonché il rinnovo del parco macchine.

L'adozione di sistemi 4.0 consente infatti di migliorare i sistemi di gestione ambientale e quindi le performance ambientali delle organizzazioni.

Da un lato, l'utilizzo delle nuove tecnologie digitali facilita considerevolmente l'adozione di sistemi per il monitoraggio in continuo delle emissioni e permette al management di essere costantemente informato su quanto sta accadendo e quindi di rispondere prontamente con le misure più adeguate riducendo così i rischi ambientali che l'azienda deve gestire.

Dall'altro lato la possibilità di migliorare la tracciabilità dei rifiuti attraverso l'uso di TAG RFID e delle reti rende maggiormente efficienti i sistemi di raccolta e riciclo dei materiali impattando positivamente sulle economie derivanti da tali attività (L. Tognotti)

Il riutilizzo ed il recupero di sottopro-

dotti o scarti è divenuto un elemento imprescindibile anche in altre industrie di processo.

Quando poi si riesce a trasformare uno scarto in una nuova materia prima che può essere impiegata nello stesso comparto o in altri settori allora siamo riusciti ad aggiungere valore a qualcosa che fino ad allora aveva comportato solo costi.

Il caso dei materiali di scarto dall'industria conciaria che attraverso processi di ingegnerizzazione chimica o mediante l'integrazione con altri processi tecnologici permettono un recupero totale dei materiali trasformandoli in materie ad alto valore aggiunto (polimeri) non è un caso isolato (S. Vitolo).

Nell'ultimo biennio sono stati effettuati studi di ricerca applicata e lo sviluppo fino alla dimostrazione su scala pilota riguardanti la separazione e purificazione di biometano da biogas da discarica, il recupero di metalli preziosi da

BOX

IL VALORE GLI SCARTI DI LAVORAZIONE

Sempre più spesso alcuni metalli preziosi come il palladio, l'oro e l'argento stanno entrando a far parte delle materie prime utilizzate dalle aziende per sviluppare prodotti che abbiano performance più elevate (sono presenti nei computer, nei telefonini e in molte schede elettroniche che comandano gli elettrodomestici).

La gestione degli scarti delle lavorazioni fatte su tali materiali diventa quindi di estrema importanza in quanto, vista la crescita continua

dei costi delle materie prime nobili (metalli preziosi, ma anche rame, alluminio, terre rare) consente talvolta alle aziende di recuperare somme di denaro considerevoli. Per tali ragioni realtà come Chimet S.p.A. hanno sviluppato tecnologie in grado di recuperare oro, argento, platino (L. Tognotti).

E non si deve pensare che questo accada solo nel recupero dei metalli preziosi, ma trova applicazioni anche nelle acciaierie o nel recupero di rame, alluminio ed acciaio dagli elettrodomestici (R. Valentini).

Si pensi anche al fatto che adesso è possibile decidere se e che cosa

recuperare da un elettrodomestico sulla base del costo giornaliero della materia recuperata e dei mezzi per recuperarla (ad esempio il costo dell'energia necessaria al suo recupero) dando all'azienda una flessibilità fino a ieri impensabile.

Per questo avere la possibilità di tracciare costantemente il percorso di tali materiali (anche a fine vita) diventa un'esigenza impellente per le aziende, e l'utilizzo delle nuove tecnologie digitali rende tale processo facilmente realizzabile.

marmitte catalitiche esauste e la pirolisi catalitica di poliolefine di scarto per la produzione di carburante tipo diesel (C. Nicoletta, C. Scali).

Anche nel comparto cartario, grazie ad accorgimenti a livello di processo, si è passati dal conferire in discarica i prodotti di scarto della produzione ad avere prodotti altamente biodegradabili ed utili a migliorare la smaltibilità dei prodotti, prevalentemente plastici, realizzati con nuovi materiali sostenibili (M. Puccini).

Anche nel caso della carta il prodotto di scarto reingegnerizzato non viene integrato solo come *filler* (riempitivo), ma spesso conferisce al prodotto finale caratteristiche meccaniche, termiche, acustiche o ambientali migliori rispetto al materiale di base.

La capacità di ripensare al processo e di mantenerlo in controllo (tipico paradigma dell'Industria 4.0) permette ulteriori benefici. Prendendo ad esempio l'industria farmaceutica si sta osservando un passaggio dalla produzione discontinua o semi-discontinua in grossi volumi (bulk, reattori agitati) alla produzione in continuo in volumi più piccoli (reattori a flusso). Questo è dovuto alle esigenze di mercato di avere lotti sempre più piccoli, produzioni sempre più varie on demand (C. Galletti).

La soluzione è quella di integrare l'approccio chimico con quello tipico dell'ingegneria chimica di processo. La trasformazione passa attraverso la costruzione di linee continue di produzione che lavorano in fase stazionaria dove però si effettua un attento monitoraggio di processo, proprio quello che rende possibile il passaggio da una produzione *bulk* a una produzione su linea dove i quantitativi di reagenti sulla linea sono un ordine

di grandezza inferiore rispetto ad un approccio tradizionale.

Questo può avere un impatto anche sui rischi. Immaginiamoci le produzioni in cui si manipolano esplosivi, materiali infiammabili, materiali tossici: la diminuzione del materiale pericoloso in circolo genera di per sé la riduzione della probabilità di verificarsi di un evento rischioso, inoltre se le macchine sono sensorizzate e ben controllate sarà facile dotarle di sistemi di sicurezza intrinsecamente attivabili (M. Seggiani).

L'utilizzo di reattori di flusso continui, anche di dimensioni molto ridotte (microreattori) permette una notevole intensificazione del processo ad esempio in ambito farmaceutico e chimica fine, rispetto alla tradizionale produzione in reattori discontinui agitati. L'elevata capacità di scambio termico dei microreattori (per l'alto rapporto superficie/volume) offre benefici in termini di sicurezza, utilizzo di energia e materiali (i livelli di diluizione richiesti sono minori con conseguenti maggiori rese di reazione).

I tempi di sviluppo di nuovi prodotti sono notevolmente ridotti poiché si passa dalla scala di laboratorio a quella di produzione semplicemente grazie a un elevato numero di microreattori in parallelo, sposando benissimo l'approccio Industria 4.0 (R. Mauri, C. Galletti, E. Brunazzi).

In chimica fine e farmaceutica, sono stati proposti perché l'operazione continua e l'elevata capacità di scambio termico permettono una forte intensificazione del processo rispetto alla tradizionale produzione in reattori discontinui agitati.

In conclusione l'Industria 4.0 offre nuove modalità di produzione che devono essere prese in considerazione da chi si occupa della qualità.

I prodotti, i macchinari, i processi e in generale la fabbrica di oggi contengono molta più tecnologia rispetto al passato, quindi non è pensabile non avere più tecnologia anche nella fase di controllo qualità.

Come già visto in produzione, il controllo qualità di prodotto può essere effettuato ad esempio da sistemi di visione artificiale che garantiscono misure quantitative su parametri oggettivi sul 100% dei prodotti o da sistemi che, effettuando la misura su un parametro facilmente misurabile, sono in grado di inferire proprietà correlate più complesse da misurare. Invece il controllo qualità di processo ovvero la misurazione del come vengono svolte le attività può essere svolto sulle macchine in tempo reale grazie alla manipolazione dei dati provenienti dai sensori installati e dalle rilevazioni e correzioni operate da chi sta in linea o sul processo produttivo.

Comunque qualità non è soltanto questo ma piuttosto una forma mentis ed un approccio che tenga in considerazione tutte le parti interessate della catena del valore (clienti, dipendenti, azionisti, fornitori, ecc.), perciò anche in fase di progettazione della nuova fabbrica digitale per ogni nuova tecnologia da introdurre in azienda è necessario domanda si se tale tecnologia e in quale misura contribuisca a creare valore per il cliente finale e per ciascuna parte interessata (F. Failli).

Rete

La possibilità di trasferire dati e creare sistemi di comunicazione di ultima generazione è un elemento fondante di Industria 4.0, come si è potuto evidenziare in ogni caso trattato. La comunicazione avviene tra aziende, tra impianti, tra operatori e macchine, tra dispositivi, e con modalità che variano in base alle esigenze e a seconda della tecnologia da utilizzare.

I principali fattori che influiscono sulla tecnologia da scegliere sono: la distanza di comunicazione tra i dispositivi, la velocità di trasferimento dei dati necessaria, il consumo energetico che si è disposti a sostenere e la possibilità di avere una infrastruttura di connessione via cavo o senza fili (A. Toccafondi).

Dunque in base alle esigenze si valuteranno il range di frequenze, la banda di trasmissione, il consumo energetico e la tipologia di connessione che le tecnologie offrono.

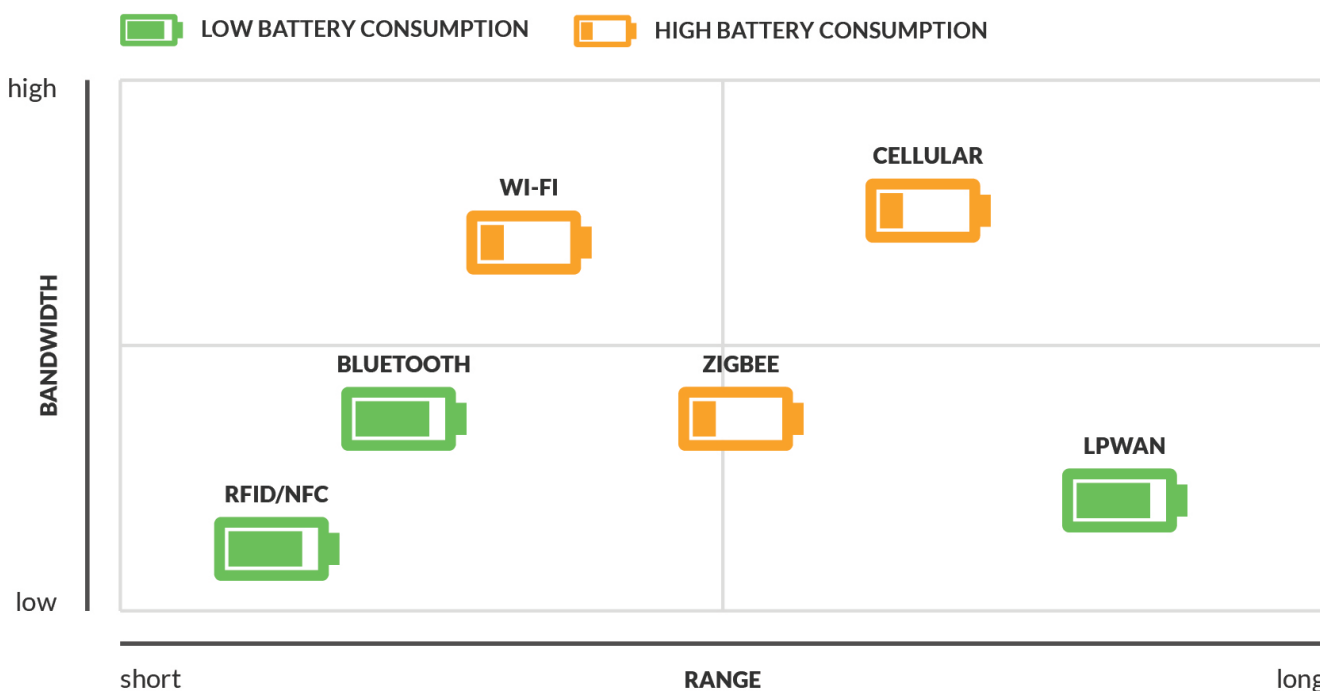
In generale, però, l'elemento centrale dell'evoluzione tecnologica in questo ambito risiede nella possibilità di trasmettere informazioni attraverso reti wireless. Queste consentono infatti di semplificare la creazione di reti tra oggetti o impianti, ma danno luogo a problematiche estremamente rilevanti per quel che concerne le distanze di trasmissione, la quantità di dati da trasferire e il consumo energetico.

Osservando la **Figura 24** è possibile avere una panoramica delle tipologie di protocolli di comunicazione wireless più utilizzati e delle loro principali caratteristiche.

Tra le varie soluzioni disponibili per la

creazione di sistemi di comunicazione adatti all'Industria 4.0, quelle utilizzate nel mondo della telefonia cellulare (Cellular) meritano sicuramente una particolare attenzione grazie alla loro diffusione sul territorio nazionale e alla possibilità di essere utilizzate per una grande varietà di applicazioni.

In particolare il **5G**, ossia l'ultima evoluzione di queste tecnologie, può rappresentare un'innovazione rivoluzionaria per via delle applicazioni che può supportare. Il 5G è in grado di assicurare performance molto elevate tali da rendere il concetto di real-time estremamente verosimile. Questa tecnologia, infatti, opera ad una velocità tale da garantire un tempo di latenza inferiore ad 1 millisecondo, tempo impercettibile per l'uomo. Ciò significa che sarà possibile suonare una melodia via **Skype**, senza che chi la riceve riscontri ritardi sensibili.



Industria 4.0 Senza Slogan®

Figura 24 - Panoramica dei principali protocolli di comunicazione wireless e delle loro caratteristiche (larghezza di banda; copertura; consumo)

Sarebbe estremamente riduttivo però definire il 5G come “un 4G più veloce”, oltre a questo, il 5G avrà copertura più ampia, consentirà un maggior numero di connessioni simultanee e una maggiore efficienza dei segnali. Questa tecnologia andrà a semplificare la comunicazione diretta tra dispositivi (device to device / machine to machine), risultando di estrema utilità nelle applicazioni legate all’Industrial IoT consentendo inoltre la creazione di nuovi prodotti/servizi.

Per fare un parallelismo, 10 anni fa era impensabile guardare un film su internet, ma adesso, grazie alle nuove tecnologie, è una cosa normalissima.

Se lo sviluppo delle reti ha consentito ad aziende come Netflix di sviluppare il proprio modello di business, allo stesso modo il 5G permetterà la nascita di nuovi modelli di business che

oggi possiamo solo immaginare (G. Stea).

Alla luce delle prime informazioni trapelate relativamente alla tecnologia 5G una delle criticità sembra essere il considerevole consumo energetico che l’adozione di questa tecnologia comporta. Proprio qui entra in gioco, nei casi in cui la quantità di dati da scambiare non è elevata, una tecnologia che potrà ricoprire un ruolo di assoluto rilievo nello sviluppo delle applicazioni per l’Industria 4.0: le **Low-Power Wide-Area Network (LPWAN)**.

Si prevede infatti che queste reti, che si stanno diffondendo in modo estremamente capillare a livello internazionale e stanno inserendosi piano piano anche all’interno del sistema di comunicazioni italiano, andranno in breve tempo a coprire buona parte della connettività IoT rosicchiando una buona parte del mercato coperto

LA COPERTURA DELLE RETI LPWAN

Con le sue reti LPWAN, **SigFox** ha coperto completamente diversi Paesi europei come Francia, Spagna, Olanda e Regno Unito e copre oltre il 60% della popolazione italiana.

Allo stesso modo **LoRa** si sta rapidamente diffondendo sia in Europa che negli altri continenti.

Al momento le differenze tecniche (pur esistenti) non fanno da discriminante per una scelta, piuttosto l’adozione di uno o dell’altro dipende dalla copertura delle reti presenti o meno nell’area geografica dove l’azienda è presente.

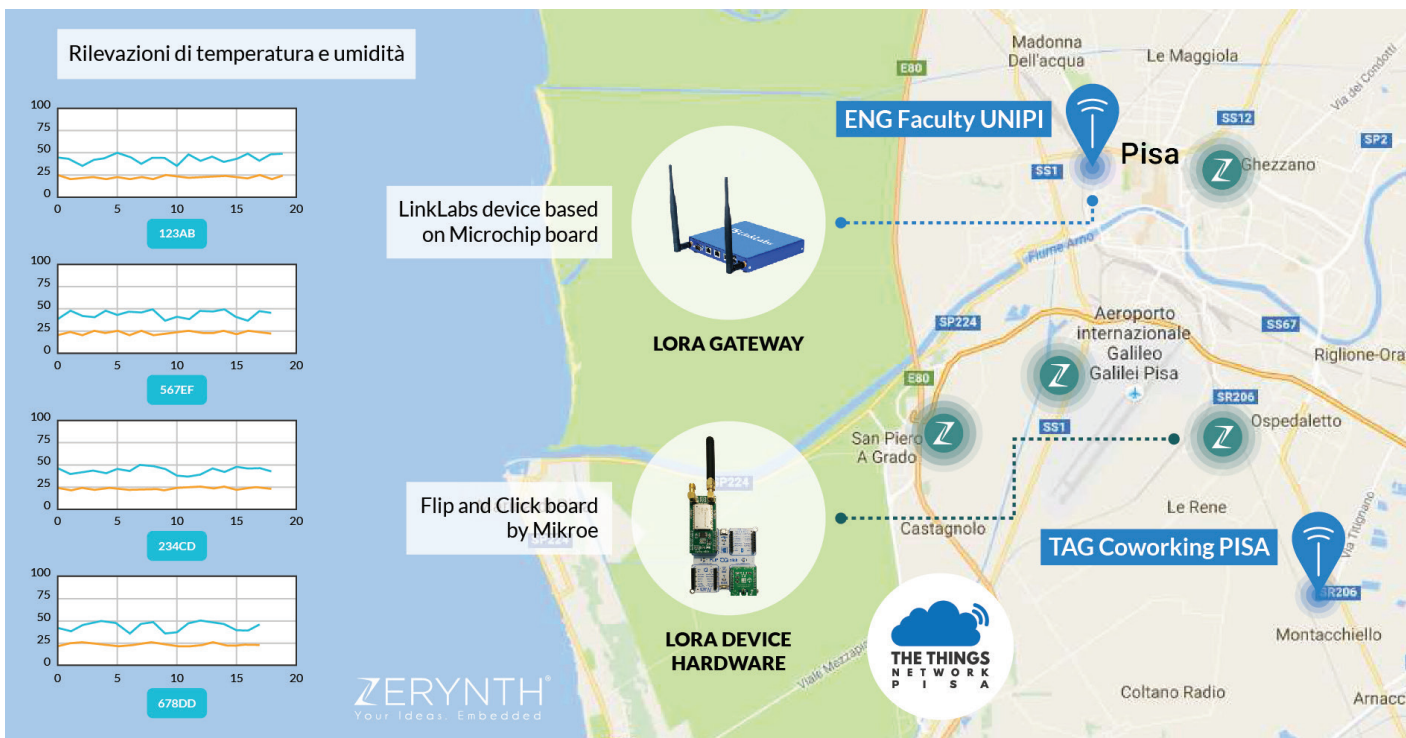


Figura 25 - Test sull’installazione di una rete LoRA svolto durante l’Internet Festival 2016 a Pisa (Cortesia, Zerynth)

oggi dalle reti cellulari.

In particolare, nei casi in cui non si scambiano volumi elevati di dati e quando questi dati si muovono in una rete che connette sensori ed attuatori, le reti LPWAN ed in particolare le reti Long Range (LoRa) e SigFox la faranno da padrone.

Il punto di forza di queste reti sta nel consentire di trasmettere a distanze di comunicazione elevate con potenze e consumi energetici limitati (durata delle batterie anche maggiore di 10 anni). Queste caratteristiche unite all'integrabilità con le attuali tecnologie smartphone come il **Bluetooth** rendono LoRa e SigFox due soluzioni ideali per molte applicazioni tipiche

Cyber Security

Prima dell'avvento di Internet la fabbrica era un'entità separata dall'esterno, ma successivamente, e soprattutto con l'implementazione di tecnologie tipiche dell'Industria 4.0, la fabbrica è sempre connessa con l'esterno e, per questo, dal punto di vista della sicurezza dei dati è più vulnerabile di prima (G. Ferrari).

Per questo motivo spesso non è più sufficiente criptare i dati, ma occorre adottare politiche di sicurezza e di privacy affidabili e effettuare scelte a partire dalla fase di progettazione del sistema sulla base di un'attenta analisi dei rischi (P. Degano).

Spesso le aziende non hanno la consapevolezza del fatto che esiste un rischio dovuto al fatto di essere connesse a internet o di produrre oggetti che sono connessi alla rete.

Quello che serve adesso alle aziende

dell'Industria 4.0 come quelle riferite al monitoraggio e al controllo di impianti e processi. Ad esempio, un operatore potrà accedere ai parametri di una macchina e settarli semplicemente stando di fronte alla macchina con lo smartphone via Bluetooth, mentre la macchina stessa potrà condividere queste impostazioni con le altre macchine all'interno dello stesso sito produttivo tramite **ZigBee** o di siti vicini sfruttando le tecnologie LoRa e SigFox.

Dato il limite legato alla banda, e quindi alla quantità di dati che si possono scambiare, delle reti LPWAN, la progettazione dei sistemi di raccolta e di elaborazione dei dati assume un ruolo sempre più critico: maggiore sarà

è l'acquisizione della consapevolezza necessaria per operare senza incorrere in sorprese, occupandosi della questione sicurezza. Occuparsi della Cyber Security in modo strutturato significa che la questione deve entrare nei processi di management aziendale al pari di altri processi come la valuta-

BOX COME SFRUTTARE LE RETI LPWAN

Attraverso una infrastruttura LPWAN ad esempio un operatore del settore energetico potrebbe monitorare i livelli del gas combustibile nei serbatoi presenti presso edifici residenziali ed aziende operanti su tutto il territorio verificando se ci sono delle anomalie e potendo pianificare i rifornimenti.

la capacità di produrre dati compatti, maggiori saranno le applicazioni in cui sarà possibile l'utilizzo di queste tecnologie.

zione e la gestione del rischio sicurezza (Gianluca Dini).

Il **Laboratorio Nazionale di Cyber Security** e il **CIS-Sapienza**, in collaborazione con diverse organizzazioni pubbliche e private, hanno realizzato nel 2015 un **Framework Nazionale**

BOX ALLA BASE DELLA CYBER SECURITY, LA GESTIONE DELLE PASSWORD

Un'attività da svolgere per proteggere il sistema da attacchi consiste nella corretta gestione delle password.

È fondamentale istruire i dipendenti affinché non assumano comportamenti pericolosi e non metterli in condizioni di doverli assumere. Ad esempio esistono sistemi che obbligano gli operatori a cambiare la pas-

sword ogni mese e a non utilizzare nessuna delle 5 ultime password usate. Questo sistema teoricamente è più sicuro degli altri, perché obbliga ad avere password sempre diverse. Si è riscontrato però che questo sistema induce gli operatori ad appuntarsi 6 password usate a rotazione in un foglietto di carta, magari nel cassetto della scrivania.

Questo naturalmente espone a una vulnerabilità altissima, e quindi l'azienda deve istruire i dipendenti a proposito della corretta gestione delle password aziendali.

per la Cyber Security, allo scopo di permettere alle imprese di effettuare un'anamnesi della propria situazione e acquisire la consapevolezza delle mancanze che devono colmare. Il framework tratta tutte le attività che devono essere svolte per avere una corretta gestione della Cyber Security, dividendole in 5 categorie di azioni:

- Identify: azioni da svolgere per identificare i rischi presenti
- Protect: azioni da svolgere per proteggersi dagli eventuali attacchi informatici
- Detect: misure da adottare per individuare un attacco in corso
- Respond: procedure da eseguire in risposta ad un attacco
- Recover: azioni da svolgere per ripristinare il sistema dopo un attacco

Conoscere il livello di sicurezza che l'azienda è in grado di raggiungere è importante in ogni aspetto, che si parli della sicurezza delle reti, della sicurezza delle applicazioni usate, della sicurezza delle transazioni effettuate, ma anche della sicurezza che i prodotti venduti in grado di connettersi alla rete garantiscono. Si sono verificati alcuni casi infatti in cui il software presente in prodotti tecnologici ed in grado di interfacciarsi alla rete è stato attaccato ed utilizzato come bot per attaccare dei server terzi.

È fondamentale quindi conoscere il livello di sicurezza che i dispositivi utilizzati sono in grado di garantire.

Big Data & Analytics

I dati rappresentano oggi il maggior agente trasformativo della società e delle imprese.

I dati sono a tutti gli effetti la

Ad esempio, mentre i microprocessori sono dotati di avanzati sistemi operativi e di crittografia, quando ci si avvale dei microcontrollori è necessario considerare il fatto che solitamente questi sistemi comunicano con i gateway in chiaro perché non hanno lo spazio per implementare protocolli di sicurezza o firewall (S. Giordano).

In questi casi, sono proprio i *gateway* che analizzano e trasformano i dati raccolti dai vari sensori, e li inviano ai server del *cloud* dove avvengono le elaborazioni.

Tutti i passaggi tra i nodi della rete (sensori montati sulle schede elettroniche di controllo o sulle macchine) e verso gli hub (*gateway*) sono punti deboli da proteggere da attacchi esterni o, specialmente se i dati scambiati sono dati sensibili, da spionaggio industriale. Questo porta alla necessità di studiare la soluzione più idonea al caso specifico e di capire come eseguire la trasmissione dei dati in sicurezza in ogni passaggio.

Oggi come oggi anche i microcontrollori sono in continua evoluzione e sono in grado di garantire un livello di sicurezza sempre più alto perché vengono dotati da un lato di quantitativi di memoria crescenti in modo da ospitare gli algoritmi necessari

materia prima di una nuova rivoluzione industriale appena iniziata, la trasformazione digitale, in cui siamo immersi

per i protocolli di sicurezza (come ad esempio l'https), e dall'altro di moduli di sicurezza a livello hardware. Sulla base di questa disamina è possibile affermare che la maniera per svolgere le operazioni in modo sicuro esiste, ma è necessario studiare la soluzione ottimale in base al caso specifico.

La sicurezza entra in gioco naturalmente anche quando si intende automatizzare una fase del processo, ad esempio la fase degli acquisti, che va a toccare la logistica esterna, l'avvenimento di una transazione con relativa fatturazione, la logistica interna con il magazzino e la programmazione della produzione. Proprio per il grande numero di funzioni aziendali che coinvolge, al fine di automatizzare un processo del genere è fondamentale avere la certezza che non ci siano errori o manipolazioni lungo ogni scambio dati che avviene. Il tutto è scatenato dall'avvenimento della transazione, dunque è fondamentale avere un sistema che certifichi che tale evento è effettivamente accaduto, e che non sia falsificabile dall'esterno.

Le blockchain, già citate nel capitolo precedente, possono avere un ruolo fondamentale in questo, proprio perché permettono di certificare e garantire la veridicità di qualunque forma di transazione grazie all'architettura dell'algoritmo di funzionamento della stessa.

e di cui facciamo ancora fatica a comprendere la natura e l'impatto (D. Pedreschi).

La pervasività delle tecnologie digitali,

dall'IoT al web e ai social media, genera dati esaurienti su tutte le dimensioni della produzione e del consumo, dalla filiera produttiva alla struttura logistica e di distribuzione, al comportamento degli utenti/consumatori, alla percezione e alla valutazione da parte degli utenti. Permette di analizzare e comprendere una azienda come un ecosistema che lega mercato a produzione, un sistema di relazioni complesso in grado di adattarsi alle dinamiche sociali per ottimizzare performance, resistere a shock, creare valore, rispondere ad esigenze mutevoli. Per raggiungere questi risultati è necessario valorizzare i giacimenti di dati, estrarne conoscenza secondo prospettive nuove, adottare una prospettiva sistemica su sottosistemi tradizionalmente separati che oggi possono essere messi in relazione, appunto, da dati fino a ieri indisponibili. Occorre creatività analitica, occorrono competenze per dispiegare la potenza degli strumenti di data mining e di Big Data e Analytics mettendoli al servizio della trasformazione digitale delle imprese e della società.

È certamente vero che la rivoluzione digitale distrugge lavori, anche di alto livello, rendendoli obsoleti. Ma ne crea anche di nuovi, e fra questi il "Data Scientist", definito dall'Harvard Business Review il mestiere più sexy del XXI secolo, è oggi senz'altro quello più necessario, desiderato e numericamente più consistente.

Ancora non ce ne rendiamo conto, ma la figura in grado di far leva sui dati per creare conoscenza e valore diventerà talmente pervasiva a tutti i livelli delle imprese e delle organizzazioni fino a rappresentare, nella società digitale, l'equivalente dell' "impiegato" nella società del terziario che ci stiamo lasciando alle spalle (D. Pedreschi).

L'introduzione delle nuove tecnologie digitali sta imponendo una profonda riorganizzazione del processo produttivo. Tra le implicazioni più rilevanti, una sfida cruciale dei prossimi anni sia per le imprese che per le istituzioni nazionali ed europee è lo sfruttamento di una mai prima sperimentata mole di informazioni derivanti dai Big Data per una radicale revisione dei metodi di decisione ed elaborazione delle linee di azione (D. Fiaschi).

Le aziende oggi raccolgono grandi moli di dati da sensori eterogenei che sono dislocati ovunque: nei macchinari utilizzati in azienda, nei sistemi di identificazione dei prodotti, nella gestione dei magazzini e della logistica, nei sistemi di monitoraggio della produzione. Spesso questi dati sono esaminati con tecniche di analisi molto elementari che hanno semplicemente lo scopo, per esempio, di valutare se il macchinario sta funzionando in modo corretto o deve essere lanciato un allarme.

Tuttavia, ci sono tecniche ormai consolidate che aiutano ad estrarre conoscenza importante da questi dati. Queste tecniche vengono individuate come tecniche di *data mining* e possono servire, come visto nei capitoli precedenti, a prevedere quando un possibile guasto del macchinario si possa verificare, o quando debba essere effettuata la manutenzione del macchinario stesso per evitare possibili guasti (manutenzione predittiva). Sebbene il termine *data mining* significhi letteralmente "estrazione di dati", nella realtà individua l'estrazione di conoscenza dai dati. Diverse

tipologie di algoritmi possono essere applicate a questo scopo. Le più usate rientrano sicuramente nel contesto del *machine learning*, ossia di quel settore dell'Intelligenza Artificiale che investiga come i computer possono imparare basandosi sui dati.

Oggi, le grandi imprese sono sempre più consapevoli dell'importanza dei dati come fornitori di preziosa conoscenza e quindi di valore. A tal fine, queste imprese si sono dotate di complessi software e spesso di costosi e potenti server. Tuttavia, oggi sono disponibili alcune nuove piattaforme open source (**Hadoop, Spark**) che permettono di gestire grandi

BOX

BIG DATA A SUPPORTO DELLE DECISIONI

Attraverso l'intelligenza artificiale è possibile sviluppare uno strumento di supporto alle decisioni che guida il manager allo sviluppo e selezione di un possibile scenario.

Il sistema prende in input dati, li analizza, scarta i dati non necessari, capisce se e di quali altri dati ha bisogno. Successivamente effettua una ottimizzazione multi-obiettivo, ovvero tenendo conto di più criteri, riproducendo quello che fa la mente umana quando prende una decisione.

Un imprenditore che si domanda se allargare il mercato, e se sì, in che modo, può essere quindi guidato dal sistema che analizza i dati interni ed esterni all'azienda e restituisce possibili scenari futuri grazie a strumenti di predizione.

moli di dati su piccole reti di normali desktop o su server virtuali noleggiati da fornitori di servizi di *cloud computing* (**Amazon, Azure, Google**).

Allo stesso tempo si osserva una richiesta crescente di sistemi di calcolo di tipo High Performance Computing (HPC), ossia di sistemi di calcolo che garantiscono prestazioni elevate attraverso tecniche di elaborazione in calcolo parallelo, anche da parte di attori diversi da quelli tradizionali (centri di ricerca e grandi imprese). In particolare sta fruendo di queste tecnologie chi fa analisi e visualizzazione dei dati, o apprendimento automatico. La semplificazione dei sistemi HPC permette di rispondere a tali esigenze più velocemente e con meno sforzo (M. Davini).

Quindi, anche le piccole imprese possono oggi memorizzare enormi volumi di dati e estrarre conoscenza da questi dati con budget ridotti, ottenendo risultati in tempo reale.

Non si deve comunque pensare che gli algoritmi di data mining estraggano magicamente conoscenza dai dati. Prima il problema da risolvere deve essere modellato, formulando alcune ipotesi e valutando come le tecniche di data mining possano essere utilizzate per supportare queste ipotesi. Quindi, va scelto l'algoritmo che consente di raggiungere il miglior risultato (F. Marcelloni).

Infine, i risultati vanno valutati in modo critico per non incappare in conclusioni erronee o non estrarre solo informazioni banali. Sebbene l'intervento umano sia pertanto sempre richiesto, l'applicazione di tecniche di data mining fanno tipicamente emer-

gere conoscenze inaspettate e spesso non prevedibili, ma di grande valore per il business.

Riuscire a definire un algoritmo che permetta di estrarre informazioni dai dati non è un processo semplice perché significa riuscire a trasferire l'intelligenza, la conoscenza e esperienza dall'uomo alla macchina. Un buon trasferimento del know-how in algoritmi è l'obiettivo dell'intelligenza artificiale ed una nuova sfida per gli operatori ai quali si chiede maggiore attenzione, capacità di lettura dei dati e capacità di elaborare ulteriore know-how (S. Giordano).

Per fare questo trasferimento è necessario che la persona che possiede il know-how sia in grado di trasferire questa conoscenza a chi programmerà i sistemi della nuova fabbrica e li tradurrà in algoritmi. Spesso però occorre anche estrarre dagli operatori le domande o interrogazioni a cui sottoporre i dati al fine di ottenere nuove informazioni di valore (per estrapolare quello che gli operatori avrebbero sempre voluto sapere o vedere e che non erano mai stati in grado nemmeno di immaginare).

Pertanto lo sviluppo dell'Industria 4.0 sarà possibile solo realizzando in tempo reale l'analisi e l'elaborazione intelligente di grandi moli di dati provenienti da molte sorgenti eterogenee (B. Lazzerini).

Ciò richiede non soltanto tecniche di *Machine Learning* ma anche, e soprattutto, nuove strutture dati e algoritmi che possano memorizzare, trasmettere (anche in forma compressa), processare, analizzare ed estrarre efficientemente ed efficacemente informazioni utili dai Big Data.

Sempre più spesso infatti la dispo-

nibilità di piattaforme potenti, quali quelle indicate precedentemente, e di applicazioni user-friendly rischia di far sprofondare i non addetti ai lavori nella sottovalutazione del problema, come ben descritto in un famoso articolo dell'Economist del 2007: "This is rocket science but you don't have to be a rocket scientist to use it" (P. Ferragina).

La sintesi dei dati, la scelta di metodi di sintesi e di visualizzazione vanno studiati con uguale attenzione. Non è detto che un flusso continuo di dati visualizzato in un grafico fornisca un'indicazione utile a chi gestisce il processo. Piuttosto, la scelta del metodo di sintesi e di visualizzazione deve essere effettuata contestualmente e non in seguito alla scelta del sensore e dei metodi da applicare sui dati che esso rileva.

Qualsiasi soluzione atta al miglioramento del processo deve tenere in considerazione la "user experience".

All'utente finale, che sia il responsabile di una business unit di una grande impresa o il manager di una PMI, deve essere garantita una fruizione del dato che si integri perfettamente con l'ambiente e gli strumenti di lavoro esistenti. Per questo è necessario un sistema di accesso e visualizzazione del dato che garantisca rapidità di comprensione e successiva reazione (G. Montelisciani).

L'utente cui l'Industria 4.0 risolve un chiaro bisogno (o vero e proprio pain) predilige la sostanza alla forma, la semplicità alla bellezza. Le informazioni non devono essere ridondanti né "invasive", tali da non creare modifiche

radicali alla routine dell'utente, pena la totale inutilità della soluzione (G. Montelisciani).

Simulazione

I cambiamenti nell'Industria 4.0 incidono sulla qualità e sulle potenzialità delle simulazioni che è possibile realizzare. Le nuove tecnologie e l'installazione di sensori all'interno della fabbrica infatti forniscono una grande quantità di dati molto più precisi rispetto a quelli di cui si disponeva in passato. Ad esempio oggi l'attività di rilevazione dei "tempi" all'interno dei "tempi e metodi" può essere totalmente automatizzata (e a costo quasi zero). Con uno studio più approfondito si può capire anche chi fa che cosa e quando e quindi inferire qualcosa anche sui "metodi" senza per questo violare la privacy delle persone (dipendenti, fornitori, clienti). Questo permette di utilizzare la simulazione per molte applicazioni nuove e ne migliora la precisione. Avere dati abbondanti permette costruire modelli affidabili ed di utilizzare la simulazione per molte applicazioni nuove, avere dati puliti ne migliora la precisione.

D'altro canto le nuove soluzioni in termini di elaborazione dei dati possono consentire alle aziende di creare veri e propri modelli di business del tutto

innovativi che siano in grado di valorizzare nuovi aspetti dei prodotti/servizi creati.

L'accuratezza dei dati è l'elemento cruciale da ricercare al fine di ottenere buoni risultati dalla simulazione. È necessario quindi eseguire un'analisi dei dati che consenta di accertarne la bontà.

L'accuratezza dei dati è l'elemento cruciale da ricercare al fine di ottenere buoni risultati dalla simulazione. È necessario quindi valutare i dati ottenuti e gli strumenti utilizzati per ottenerli così da essere confidenti della loro bontà o meno. .. E non stiamo parlando di utilità, infatti talvolta anche dati sporchi o rumorosi possono essere utili! Ma occorre sapere da dove si parte per sapere che cosa si può ottenere.

La simulazione nell'industria ha le seguenti tre declinazioni:

System Dynamics: ha una visione molto alta, studia aggregati di cose e permette di modellare il comporta-

mento nel tempo di sistemi complessi

Discrete Event: consente di simulare eventi discreti che segnano un cambiamento di stato in un particolare istante di tempo. Può essere mappato un evento di qualsiasi livello di dettaglio a seconda della conoscenza del processo

Agent Based: simula i comportamenti degli agenti in grado di sentire cosa succede ed adattarsi come se fossero esseri umani. Ciascun oggetto segue una certa regola ma ognuno a suo modo con una intelligenza artificiale abbastanza evoluta

Ma i tre approcci diversi implicano rilevazioni diverse, modellazioni diverse e quindi risultati diversi, perciò, in ottica di uso efficiente delle risorse, forse è meglio spendere più tempo nella fase di definizione e scelta che nella correzione di un approccio meno adatto al problema da modellare.

Non tutti i software di simulazione hanno la capacità di prendere in input direttamente i Big Data. Perciò prima è sempre opportuno analizzare i dati per individuare se esistono legami e relazioni da inserire nel modello. Poi, con il modello costruito è possibile eseguire la simulazione su nuovi dati e capire il comportamento del sistema al variare dei parametri.

I software evoluti permettono di eseguire la simulazione attraverso un linguaggio visuale e quindi accessibile anche a persone che non posseggono specifiche skill informatiche.

BOX

COME SFRUTTARE I SISTEMI DI SIMULAZIONE

I tre sistemi di simulazione sopracitati possono essere usati contestualmente ed integrati al fine di rappresentare le dinamiche che impattano sull'intera azienda.

L'esterno dell'azienda è simulato attraverso **System Dynamics** perché aggregati di cose non conosciute, l'interno dell'azienda (che ha elementi conosciuti) è possibile

simularlo con **Discrete Event** e gli operatori sono simulati dagli **Agent Based**.

La simulazione permette anche di analizzare l'impatto della variazione dei parametri sul modello, perciò fornisce un supporto per misurare gli impatti dei possibili cambiamenti reali sul sistema.

Il modello simulato diventa quindi un software customizzabile in base alle esigenze che agisce su determinati parametri finché non si verificano cambiamenti sostanziali al modello.

Oltre i sensori classici

Le persone sono la sorgente più importante di informazioni già pre-processate che l'azienda può ottenere. Di fatto sono i sensori più intelligenti che troviamo in azienda ed al contrario di questi forniscono dati già processati in maniera complessa. Per questa ragione non possiamo non considerare l'analisi dei testi da essi prodotti come una delle principali fonti di informazione da far circolare fra le funzioni aziendali e da incrociare con gli altri dati che provengono da altre sorgenti. È strano non trovare nessun cenno a questo in nessun documento di riferimento sull'Industria 4.0: si rischia di perdere un'ottima occasione di crescita e miglioramento (G. Fantoni).

La linguistica computazionale unita a estese basi di conoscenza tecnica permette oggi di elaborare enormi quantità di testo (specifiche tecniche, capitolati di gara, brevetti, ecc.) e mettere ordine nel mare magnum della conoscenza generata in azienda che con fatica circola fra le divisioni aziendali (M. Alvino).

Se poi includiamo anche la documentazione prodotta dai fornitori e dai clienti si capisce come tali tecnologie possano impattare sull'intera value chain.

Il web abbonda di algoritmi per l'estrazione di informazioni da testi generici (news, siti web, social media), ma purtroppo questi tendono a performare poco se applicati ai testi tecnici (specifiche, manuali di manutenzione e d'uso, capitolati di gara) (R. Aprea).

Per fornire strumenti in grado di analizzare in modo efficace testi tecnici,

che contengono linguaggio e concetti specifici per il dominio dell'azienda, è necessario far sì che tali strumenti possano apprendere "on-the-job" dalle azioni (classificazione, annotazione) dell'operatore umano che è in grado di comprendere il testo tecnico. Solo con il supporto dell'esperto di dominio infatti, gli strumenti generici di analisi possono essere adattati alle peculiarità dei testi dell'azienda (A. Ferrari).

È necessario dunque unire la parte algoritmica con una profonda conoscenza tecnica e gestionale in modo da migliorare grandemente i risultati degli algoritmi e rendere questi sistemi realmente utilizzabili in contesti industriali.

Grazie all'utilizzo in ambito industriale della linguistica computazionale si potrebbe far sì che un guasto su una macchina o un imprevisto su un impianto venga istantaneamente collegato con il database delle lessons learned, o che le analisi dei brevetti dei competitors o dei fornitori diventino elementi di guida dello sviluppo di nuovi prodotti, o che le email dei clienti diventino un reale punto di ascolto del marketing e campanelli d'allarme per il reparto qualità.

I sistemi di trattamento automatico del linguaggio naturale per l'estrazione e l'organizzazione della conoscenza da dati non strutturati come il testo diventano fondamentali quando questi dati devono entrare all'interno di un processo di sviluppo organizzato o interagire con le varie funzioni aziendali (F. Dell'Orletta).

Quindi, i sistemi di analisi di testi tecnici sono l'ideale in ottica di Industria 4.0: questi aiutano a dematerializzare e rendere efficienti una serie di processi di analisi solitamente onerosi e a rende-

re questi processi riproducibili nel tempo ed in contesti diversi.

Nel 4.0 si mira a rendere competitivi tutti i processi industriali ma è importante partire da quelli che generano più valore per il cliente (A. Marinai).

In un contesto in cui le imprese si trovano a dover essere competitive rispetto a paesi che hanno costi della manodopera decisamente inferiori agli standard europei, la conoscenza e la gestione delle informazioni in ambito industriale diventano processi in grado di generare questo valore nel lungo termine. Per questo una importante fetta del tempo delle persone è investita nella scrittura di documentazione, nella ricerca, nella classificazione ed interpretazione dei testi. E' indispensabile oggi dunque ingegnerizzare ad automatizzare anche queste attività (A. Marinai).

D'altronde una maggiore organizzazione della conoscenza scritta consente all'azienda anche un più facile recupero e riuso della conoscenza stessa e la possibilità di costruire nuova conoscenza su conoscenza consolidata. Si pensi ad esempio alle grandi quantità di specifiche e requisiti che, se correttamente indicizzati, possono essere ricombinati per fornire nuovi prodotti, o varianti di prodotti esistenti, in modo da soddisfare le esigenze del mercato prima della concorrenza (A. Ferrari).

Inoltre, tutto questo può aiutare a distillare e consolidare il know-how aziendale e a far sì che esso rimanga fruibile anche al variare dei dipendenti. Grazie al 4.0 questo può diventare un asset, o forse l'asset, su cui fondare il proprio vantaggio competitivo.



Criticità

Insidie dietro l'angolo

L'elemento chiave dell'Industria 4.0 è la disponibilità in tempo reale di tutte le informazioni pertinenti attraverso l'integrazione di tutti gli elementi della catena del valore e la capacità di determinare, in qualsiasi momento e mediante i dati, il valore ottimale dei parametri di ogni elemento. In questa visione le persone, le macchine e i prodotti costituiscono una rete che può essere ottimizzata in base a vari criteri, come il costo, la disponibilità e il consumo di risorse. Purtroppo la complessità di un tale sistema dipende non linearmente dagli attori coinvolti (macchine o persone), perciò sistemi così complessi rischiano di essere anche estremamente onerosi da costruire, gestire e mantenere.

Le tecnologie dell'Industria 4.0 creano sì le condizioni per l'ideazione di nuovi prodotti e servizi, ma aprono la strada a nuove criticità e sfide da risolvere.

La prima criticità di cui parlare riguarda non una tecnologia specifica, ma l'approccio che è necessario avere quando ci si avvicina all'Industria 4.0. A tal proposito gli slogan sono un elemento da cui tenersi alla larga: questo opuscolo propone un approccio libero da slogan e da luoghi comuni.

Molta della comunicazione sul paradigma Industria 4.0 si focalizza sui vantaggi di un approccio che in linea teorica dipinge *la possibilità di una produzione con un lotto di un singolo componente e nessun costo di setup per la variazione della produzione* che portato alle estreme conseguenze significa avere *prodotti customizzati al costo di prodotti di massa* ma questo, seppur vero in via teorica, richiederebbe uno sforzo di progettazione del prodotto e del processo elevatissimo ed un investimento in macchinari flessibili ed in sistemi informativi non concepibile,

in linea generale, nel 99% delle PMI. Troppo spesso le tecnologie dell'Industria 4.0 sono descritte come la panacea di ogni male, come la soluzione ad ogni problema aziendale, che sia la mancanza di clienti o la marginalità troppo bassa. L'approccio all'Industria 4.0 deve invece essere strutturato, deve comprendere una fase di audit e di analisi delle reali necessità dell'azienda, non dimenticando mai le necessità dei clienti.

Un'altra criticità è costituita dalla Cyber Security, già trattata nel capitolo precedente per l'enorme importanza che riveste in un ambito come quello dell'Industria 4.0.

L'integrazione con i sistemi già presenti in azienda è un altro elemento da considerare:

È opportuno che le tecnologie

abilitanti siano progettate, implementate e integrate attraverso l'utilizzo di protocolli e architetture di comunicazione standard aperti che permettono l'interoperabilità dei sistemi aziendali e favoriscono la loro integrazione in catene o reti del valore (E. Mingozzi).

Laddove però la nuova tecnologia si inserisca in un contesto già avviato sarà necessario prevedere un processo di traduzione per mettere in comunicazione tutti i sistemi presenti. Questo potrebbe sembrare secondario, ma di fatto è la principale causa di problemi e di costi nascosti quando si decide di introdurre in azienda una nuova tecnologia, ed è fondamentale considerare questa difficoltà in fase di valutazione dell'investimento.

Da considerare inoltre, quando si adottano tecnologie 4.0, la qualità del servizio, ovvero la misura delle caratteristiche della rete. Se la rete è interna all'impianto si parla di deterministic networking, in cui i parametri sono noti e garantiti *by design*. Se

al contrario si sfruttano reti esterne all'impianto deve essere misurata la qualità del servizio offerto. I parametri da valutare sono:

- L'affidabilità, composta da availability e reliability. La prima misura la probabilità che il sistema sia accessibile ed è composta dal tempo di off (tempo in cui il sistema non è in grado di funzionare) e la frequenza con cui si verifica l'evento negativo; la seconda misura la probabilità che il sistema produca risposte corrette
- La latenza, ovvero il tempo che impiega un dato ad arrivare a destinazione
- La capacità, ovvero la misura della velocità con cui sono trasmessi i dati

Mentre nei prodotti di consumo come i cellulari la qualità è misurata dalle prestazioni massime garantite, nell'industria c'è bisogno di garantire un livello minimo di servizio; un'azienda non può permettersi di non portare a termine un'attività perché non c'è linea o perché l'intervallo di tempo che intercorre tra quando l'algoritmo invia un comando e il momento in cui viene eseguito è troppo grande (S. Saponara).

Quella che oggi è una criticità tuttavia sta per essere superata dalla tecnologia 5G che nel caso specifico permette una velocità tale da avere un tempo di latenza inferiore a 1 millisecondo, che per l'uomo è un tempo impercettibile.

Fondamentale è anche l'enorme mole di dati che l'Industria 4.0 prevede di estrapolare dai processi e collezionare dalle macchine e dai sensori, e quindi il mondo dei Big Data e degli Analytics. Con l'Industria 4.0 l'analisi dei dati diventa appunto un elemento di distinzione, ma che ha anche un aspetto critico rilevante: l'enorme quantità di dati deve essere raccolta,

processata, immagazzinata e visualizzata, e quindi deve essere disponibile un'adeguata capacità di elaborazione, cosa a cui non sempre si pensa.

Per affrontare questo particolare problema in maniera intelligente si sta andando sempre di più verso un processing distribuito in cui i dati vengono già pre-elaborati nel momento e nel luogo in cui vengono raccolti e poi vengono mandati al cloud per le analisi più pesanti dal punto di vista computazionale o per elaborare le visualizzazioni necessarie (G. Manara).

Quello appena descritto è il passaggio dal Cloud computing al Fog Computing (o Fogging) paradigma nel quale si cerca di processare i dati più vicino possibile al punto in cui vengono generati (nei cosiddetti smart devices alla periferia della rete) invece che raccogliarli tutti e inviarli al Cloud perché vengano processati (al centro della rete) (A. Cisternino).

Come sempre, quando si verificano dei cambiamenti di grande portata, le problematiche che possono verificarsi sono numerose e difficili da identificare a priori, e questo accade anche per l'Industria 4.0. Così come con l'avvento di Internet si è assistito alla nascita di nuovi servizi attualmente esistenti sul web; allo stesso modo le tecnologie dell'Industria 4.0 creeranno le condizioni per l'ideazione di nuovi prodotti, servizi e modelli di business che genereranno nuove sfide da risolvere e nuovo potenziale da valorizzare.

IL TEMPO NELLA REALTÀ VIRTUALE

Attualmente non è possibile utilizzare la realtà virtuale in contesti in cui c'è bisogno di un tempo di reazione estremamente basso, come ad esempio nella guida di un veicolo: il tempo che ci mettono le informazioni ad adattarsi all'immagine che l'operatore sta guardando e a diventare visibili, che è dell'ordine dei 10 millisecondi, non è accettabile.



Quanto costa e quanto rende

Se il valore non è in discussione è comunque bene fare due conti

Le dinamiche relative ai costi ed ai ritorni economici sono ovviamente sempre al centro dell'attenzione quando si parla delle strategie aziendali, e il caso dell'implementazione di soluzioni legate all'Industria 4.0 non fa eccezione.

Nonostante l'introduzione di innovazioni afferenti al mondo dell'Industria 4.0 assuma assoluta importanza nell'ambito dei processi di pianificazione e finanziamento delle attività aziendali, da quanto emerge dallo studio condotto da **Staufen**, la voce relativa ai costi della digitalizzazione in chiave fabbrica 4.0 risulta essere una variabile poco impattante per oltre il 40% delle aziende intervistate. Piuttosto, l'attenzione delle 102 aziende intervistate è molto più forte rispetto all'impatto che il nuovo paradigma può generare sulla qualità dei loro prodotti (74%) e servizi (87%).

Sono sempre più numerose le grandi

aziende e le PMI che hanno avviato la progettazione di un nuovo impianto (o la riprogettazione dell'esistente) concepito seguendo i concetti alla base dell'Industria 4.0, e ciò consente di sviluppare in modo coerente ed efficiente i progetti che si vogliono avviare. Di certo, però, gli investimenti per perseguire tale fine sono ingenti e qui, per la prima volta in una ristrutturazione industriale, i costi per il software e per le macchine cominciano ad avere pesi comparabili all'interno dei piani d'investimento delle aziende.

Tuttavia, investimenti di questo tipo possono stravolgere tutti gli aspetti che riguardano la vita delle aziende e non sempre risultano la soluzione strategicamente più appropriata per aprirsi alle opportunità offerte dalla quarta rivoluzione industriale. L'acquisto di una tecnologia porta con sé infatti una serie di costi nascosti come i costi di integrazione con altri siste-

mi informativi, costi di apprendimento del personale, ed altri costi dovuti al cambio di approccio che risultano difficilmente stimabili al momento dell'acquisto. Se la stima dei costi è complessa, è ancora più arduo stimare l'impatto dei benefici indotti.

Soprattutto per le imprese di dimensioni medio/piccole, la possibilità di analizzare la situazione attuale al fine di individuare gli interventi più impor-

BOX

SOFTWARE VS HARDWARE, CHI COSTA DI PIÙ?

Riva S.p.A., storico marchio del mobile Made in Italy, ha aperto nel 2013 un nuovo stabilimento altamente tecnologico con un investimento di circa mezzo milione di euro per i macchinari e di 300mila euro per i vari software.

tanti necessari per beneficiare della digitalizzazione dell'azienda sembra essere il modo migliore per "dare il la" alla creazione di nuovo valore.

Infatti, se da un lato le linee di finanziamento messe in campo dalle istituzioni supportano lo sforzo che le imprese saranno chiamate a sostenere, dall'altro la presenza nel territorio di attori specializzati sul tema consente alle aziende di identificare in modo chiaro gli interventi che possono rafforzare il modello di business attuale o di progettare quello futuro.

In base alle soluzioni individuate e grazie alla vasta gamma di tecnologie disponibili, i costi di questi interventi potranno essere anche molto bassi (nell'ordine delle decine di migliaia di euro) ed essere perlopiù investiti nell'adattamento o nella customizza-

zione di soluzioni già esistenti.

Oltre ad una stima dei costi, è interessante capire quali sono i benefici concreti che l'Industria 4.0 porterà alle aziende e ovviamente la tipologia di interventi posti in essere incide fortemente sulla scala del ritorno che questi possono generare. A tal proposito, se la possibilità di sviluppare sistemi che aumentino la produttività o che incidano positivamente sui tempi di fermo macchina possono contribuire a ridurre i costi di produzione e manutenzione, la possibilità di digitalizzare i prodotti/servizi ed aprirsi a nuovi mercati possono rappresentare importanti fonti da cui ottenere nuovi ricavi. Il paragone più calzante potrebbe essere fatto con un contatore dell'energia elettrica consumata in un'abitazione. Il contatore mostra all'utente quanto sta consumando, la bolletta mostra le fasce orarie e l'utente dall'incrocio dei due dati cerca di adattare i suoi stili di consumo. Nell'Industria 4.0 dovremmo immaginarci "contatori" bidirezionali che istante per istante possono mostrare agli utenti non solo quanto stanno consumando, ma quanto spenderebbero se facessero scelte diverse;

inoltre in un quadro ancora più avanzato potremmo avere l'utente che chiede quando è più opportuno fare il bucato o stirare ed il contatore risponde indicando opzioni diverse a diverse tariffe. Se questo è futuribile (ma nemmeno troppo) nell'home automation, sicuramente è ad un passo nel mondo industriale (M. Raugi).

Nello specifico, la survey di **PwC** sottolinea che gli investimenti sull'Industria 4.0 saranno in grado di ridurre i costi

del 3,6% annuo e di aumentare i ricavi del 2,9% annuo con un payback period di 2 anni. Ma questi numeri vanno presi con le molle in quanto sono pur sempre il frutto di un'indagine e quindi una media delle risposte (non dei dati) delle aziende del campione selezionato da PwC.

Fare previsioni sui costi e sui risparmi attesi non è così semplice. Non ci sono studi e dati che documentino costi e benefici del nuovo paradigma in maniera quantitativa. E questo è vero anche nella documentazione proveniente dalla Germania. Le prescrizioni che possiamo trovare nelle varie roadmap dicono che "poiché i costi sono difficili da stimare, si suggerisce un'adozione progressiva dei concetti di Industria 4.0". Un'implementazione area per area, permette infatti un più preciso monitoraggio dei costi sostenuti e dei risparmi misurati. Questo passaggio mostra come l'imperativo non sia quello di digitalizzare tutta la fabbrica e a tutti i costi, ma che il processo di digitalizzazione di un'area o di "smartificazione" di una macchina debbano partire dalle aree che maggiormente possono beneficiare di una tale trasformazione. I costi dipenderanno dal settore, dallo stato attuale del parco macchine, dalla presenza o assenza (o pervasività) di altri sistemi informativi in azienda e dalla capacità dell'azienda di gestire le sue risorse umane ed il cambiamento.

Questo può significare per gli imprenditori cogliere l'occasione della novità rappresentata da Industria 4.0 per fare quell'investimento in ammodernamento di un particolare impianto tanto rimandato o l'acquisizione dell'ERP che ben si sposa con le nuove macchine sempre postposto in attesa di tempi migliori.

BOX

INVESTIRE SU UN MAGAZZINO DIGITALE

La digitalizzazione di tutto il magazzino collegato al gestionale per avere i dati in tempo reale può costare dai 10 mila euro fino a centinaia di migliaia di euro in base al numero di codici presenti, al numero di elementi per ogni codice, al livello di informatizzazione presente e al livello richiesto di integrazione con i sistemi ERP presenti in azienda.

Ma talvolta il costo dell'hardware o del software di controllo del magazzino è piccolo se paragonato allo sforzo di catalogazione delle parti già presenti a magazzino, allo sforzo di codifica delle stesse, a quello di formazione del personale.



Conclusioni

Il rischio che il termine 'Industria 4.0' possa diventare solo un altro slogan esiste, come pure la possibilità che le aziende perdano questa opportunità, perché non la capiscono in quanto mal veicolata o perché possono pensare che verrà presto sostituita dalla prossima grande rivoluzione con slogan annesso.

Ma se questo è un rischio concreto è ancor più grave se le aziende penseranno che l'Industria 4.0 non si applichi alla loro realtà.

L'elemento di novità rispetto alla fabbrica intelligente (concetto decisamente più chiaro e definito) è che il paradigma 4.0 supera i limiti della fabbrica, costruisce un ponte fra real-

tà industriale e realtà artigiana, non si ferma ai settori industriali tradizionali ma può abbracciare altre aree importanti dell'economia (sanità, agroalimentare, terziario).

La sfida che le aziende e le università e i centri di ricerca si troveranno ad affrontare è dovuta all'interconnessione, vera parola chiave del nuovo paradigma. Ma dialogare significa avere linguaggi comuni, superare i vincoli delle discipline, sapersi integrare in maniera da costruire soluzioni ottimali nelle quali meccanica, elettronica, telecomunicazioni e software lavorano insieme e non una al servizio dell'altra a seconda del background del progettista che guida il progetto.

Come anticipato nel libro la trasformazione non potrà avvenire in una notte. Al contrario, l'abbracciare la filosofia 4.0 dovrebbe essere visto come uno dei processi di miglioramento continuo, misurando il punto di partenza e avendo una chiara idea di dove si vuole andare.

Starà a tutti noi, imprenditori, lavoratori, ricercatori ed insegnanti far sì che Industria 4.0 diventi una bella occasione di rilancio e di ammodernamento del nostro tessuto industriale e non rimanga solo lo slogan del 2017.

Postfazione

di Andrea Bonaccorsi

La debole crescita economica dell'Italia, anche negli ultimi anni di uscita dalla crisi finanziaria, è dovuta ad una decennale stagnazione nella crescita della produttività. Pesa certamente la scarsa efficienza del settore pubblico e dei servizi non *tradable*, ma pesa anche l'interruzione del percorso di crescita della produttività dell'industria manifatturiera.

L'ultima volta che la produttività è aumentata in modo significativo per molti anni la crescita era dovuta in buona parte ad una ondata tecnologica, alla Terza rivoluzione industriale indotta dalla automazione negli anni '70 e soprattutto negli anni '80. Smentendo ogni previsione, anche le piccole imprese nei settori tradizionali hanno adottato macchinari automatici, sistemi di **Computer Integrated Manufacturing (CIM) e Flexible Manufacturing Systems (FMS)**.

Le tecnologie dell'automazione, tuttavia, si presentavano allora come investimenti relativamente isolati: si poteva acquistare un'isola robotizzata

senza modificare più di tanto il resto dell'azienda. E la base di conoscenza restava solidamente ancorata alla manifattura, alla trasformazione fisica dei materiali e dei prodotti.

Cosa accade con la Quarta rivoluzione, centrata sul paradigma della integrazione tra macchine, dentro e fuori i confini aziendali? Saranno le piccole imprese in grado di adottare tecnologie che richiedono livelli di astrazione più elevati (il duale digitale) e forme di integrazione più spinte? Sapranno trovare le forme di coordinamento tra imprese più adeguate, mantenendo quella autonomia decisionale a cui non sarebbe saggio chiedere di rinunciare?

In Toscana è partito un percorso di analisi e di progettazione di interventi, promosso con molta energia dal governo regionale e seguito con grande competenza da diverse Direzioni. Invece che inseguire un modello di "fabbrica digitale" priva di uomini, o di sovra-sistemi pianificati pensati solo per la grande impresa, si tratta di capire in

che modo Industria 4.0 possa essere una opportunità per le PMI, e una forma di collaborazione nuova tra grandi imprese illuminate e piccole imprese locali.

Questo percorso ha trovato un punto di lancio nel riordino della governance regionale. Serve un enorme sforzo di divulgazione, per aiutare le imprese ad entrare in un percorso graduale che parta da un **audit** del grado di maturità (o di ritardo) sulle tecnologie 4.0, si sviluppi in piani di miglioramento realistici, e conduca a decisioni di investimento sostenibili. Serviranno eventi, incontri e workshop, ma anche, più a medio termine, ripensamenti forse radicali dei contenuti e dei modelli formativi nell'intera filiera dalla scuola al post-laurea. La sfida è difficile ma le risorse di intelligenza, dentro il sistema scientifico e industriale regionale, sono abbondanti.

Questo volumetto nasce, su iniziativa di un dinamicissimo collega e di un gruppo di giovani ingegneri gestionali e dottorandi di Pisa, nel momento più propizio. Può servire ad aprire una fase di divulgazione di 4.0 presso un grande numero di imprese. Nasce come un testo digitale aperto, a cui nelle prossime settimane sono invitati a partecipare altri autori, colleghi non solo pisani ma di tutte le università toscane, imprenditori, operatori dei distretti e poli tecnologici. Se l'Industria 4.0 è il paradigma dell'integrazione industriale, siamo sfidati in Toscana a trovare forme inedite di collaborazione e integrazione, tra grande e piccola impresa, tra ricerca e industria, tra i diversi atenei e territori, più di quanto sia accaduto in passato.



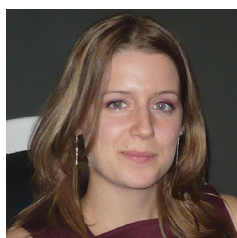
Gli autori



Gloria Cervelli

gloriacervelli89@gmail.com

Borsista di ricerca dell'Università di Pisa sullo studio e l'implementazione di metodologie per il design di nuovi modelli di business. Laureata in Ingegneria Gestionale presso la stessa università per la quale ha svolto un lavoro di supporto scientifico/didattico per la Summer School Advanced Innovation Methods. In precedenza, collaboratrice esterna del consorzio Quinn nell'ambito di un progetto di analisi sull'Industria 4.0.



Simona Pira

pira.simona@gmail.com

Borsista presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale l'Università di Pisa su metodi e strumenti per l'innovazione e la creazione di impresa nel settore ICT e hard science all'interno del progetto europeo ENDuRE. In tale ambito ha collaborato alla realizzazione della Summer School "Advanced Innovation Methods". Laureata Magistrale in Ingegneria Gestionale presso l'Università di Pisa.



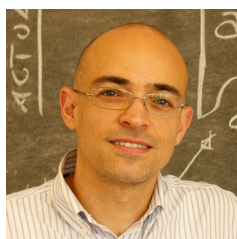
Leonello Trivelli

leo.trivelli@gmail.com

PhD candidate presso il Dipartimento di Economia e Management dell'Università di Pisa e parte del team che gestisce il progetto europeo ENDuRE. Sempre presso l'Università di Pisa ha conseguito la laurea specialistica in "Strategie e Governo dell'Azienda".

Precedentemente assegnista di ricerca del progetto IoTprise, finalizzato a creare nuove imprese nel settore IoT. Co-founder della startup di editoria digitale Towel Publishing S.r.l.s.

Curatore



Gualtiero Fantoni

g.fantoni@ing.unipi.it

Professore associato presso il Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale. PhD in Robotica, Automazione e Bioingegneria presso l'Università di Pisa è autore di oltre 50 articoli scientifici e co-inventore di 10 brevetti. Cofondatore di 2 aziende: Errequadro S.r.l. e Zerynth.

Illustrazioni



Luca Diamanti

lucdiamanti.89@gmail.com

Designer industriale cresciuto giocando con i mattoncini Lego ed il Meccano, sognando di diventare un inventore. Laureato triennale all'Università di Camerino si è specializzato in Product Design presso l'ISIA di Firenze. Attualmente collabora con Zerynth progettando nuovi dispositivi intelligenti connessi alla rete e la loro user experience.



Contributori

Davide Aloini, Università di Pisa,
davide.aloini@unipi.it

Massimo Alvino, GE Oil & Gas,
massimiliano.alvino@ge.com

Giuseppe Anastasi, Università di Pisa,
giuseppe.anastasi@unipi.it

Riccardo Apreda, Erre Quadro S.r.l.,
apreda.riccardo@gmail.com

Giacomo Baldi, Zerynth,
g.baldi@zerynth.com

Sandro Barone, Università di Pisa,
sandro.barone@unipi.it

Leonardo Bertini, Università di Pisa,
leonardo.bertini@unipi.it

Silvio Bianchi Martini, Università di Pisa,
silvio.bianchi@unipi.it

Antonio Bicchi, Università di Pisa,
antonio.bicchi@unipi.it

Marcello Braglia, Università di Pisa,
marcello.braglia@unipi.it

Elisabetta Brunazzi, Università di Pisa,
elisabetta.brunazzi@unipi.it

Gianni Campatelli, Università di Firenze,
gianni.campatelli@unifi.it

Simone Capaccioli, Università di Pisa,
simone.capaccioli@unipi.it

Mario G. C. A. Cimino, Università di Pisa,,
mario.cimino@unipi.it

Antonio Cisternino, Università di Pisa,
antonio.cisternino@unipi.it

Maurizio Davini, Università di Pisa,
maurizio.davini@unipi.it

Carmelo De Maria, Università di Pisa,
carmelo.demaria@unipi.it

Luca De Santis, Net7 S.r.l.,
desantis@netseven.it

Pierpaolo Degano, Università di Pisa,
pierpaolo.degano@unipi.it

Felice Dell'Orletta, Consiglio Nazionale delle Ricerche,
felice.dellorletta@ilc.cnr.it

Umberto Desideri, Università di Pisa,
umberto.desideri@unipi.it

Andrea Di Benedetto, Polo Tecnologico di Navacchio,
CNA e 3logic MK,
dibenedetto@polotecnologico.it

Gino Dini, Università di Pisa,
gino.dini@unipi.it

Gianluca Dini, Università di Pisa,
gianluca.dini@unipi.it

Pietro Ducange, Università di Pisa,
p.ducange@iet.unipi.it

Franco Failli, Università di Pisa,
franco.failli@unipi.it

Luca Fanucci, Università di Pisa,
luca.fanucci@unipi.it

Paolo Ferragina, Università di Pisa,
paolo.ferragina@unipi.it

Giovanni Ferrara, Università di Firenze,
giovanni.ferrara@unifi.it

Alessio Ferrari, Consiglio Nazionale delle Ricerche,
alessio.ferrari@isti.cnr.it

Gian-Luigi Ferrari, Università di Pisa,
gian-luigi.ferrari@unipi.it

Vincenzo Ferrari, Università di Pisa,
vincenzo.ferrari@unipi.it

Davide Fiaschi, Università di Pisa,
davide.fiaschi@unipi.it

Marco Frosolini, Università di Pisa,
marco.frosolini@unipi.it

Chiara Galletti, Università di Pisa,
chiara.galletti@unipi.it

Vincenzo Gervasi, Università di Pisa,
vincenzo.gervasi@unipi.it

Stefano Giordano, Università di Pisa,
stefano.giordano@unipi.it

Giuseppe Iannaccone, Università di Pisa,
giuseppe.iannaccone@unipi.it

Michele Lanzetta, Università di Pisa,
michele.lanzetta@unipi.it

Beatrice Lazzerini, Università di Pisa,
beatrice.lazzerini@unipi.it

Domenico Loschiavo, 3logic MK,
domenico@3logic.it

Antonella Magliocchi, Università di Pisa,
a.magliocchi@adm.unipi.it

Marco Magnarosa, Cubit Innovation Labs,
marco.magnarosa@cubitlab.com

Giuliano Manara, Università di Pisa,
giuliano.manara@unipi.it

Francesco Marcelloni, Università di Pisa,
francesco.marcelloni@unipi.it

Alberto Marinai, Continental Automotive Italy S.p.A.,
alberto.marinai@continental-corporation.com

Roberto Mauri, Università di Pisa,
roberto.mauri@unipi.it

Daniele Mazzei, Università di Pisa e Zerynth,
mazzei@di.unipi.it

Enzo Mingozi, Università di Pisa,
enzo.mingozi@unipi.it

Gabriele Montelisciani, Zerynth,
g.montelisciani@zerynth.com

Paolo Nepa, Università di Pisa,
[**paolo.nepa@unipi.it**](mailto:paolo.nepa@unipi.it)

Cristiano Nicoletta, Polo Tecnologico Magona e
Università di Pisa,
[**cristiano.nicoletta@unipi.it**](mailto:cristiano.nicoletta@unipi.it)

Francesco Oppedisano, NetResults S.r.l.,
[**oppedisano@netresults.it**](mailto:oppedisano@netresults.it)

Lucia Pallottino, Università di Pisa,
[**lucia.pallottino@unipi.it**](mailto:lucia.pallottino@unipi.it)

Dino Pedreschi, Università di Pisa,,
[**dino.pedreschi@unipi.it**](mailto:dino.pedreschi@unipi.it)

Michele Petroni, LiberoLogico S.r.l.,
[**m.petroni@traxa.it**](mailto:m.petroni@traxa.it)

Marco Pierini, Università di Firenze,
[**marco.pierini@unifi.it**](mailto:marco.pierini@unifi.it)

Roberto Pini, Consiglio Nazionale delle Ricerche,
[**r.pini@ifac.cnr.it**](mailto:r.pini@ifac.cnr.it)

Lorenzo Pollini, Università di Pisa,
[**lorenzo.pollini@unipi.it**](mailto:lorenzo.pollini@unipi.it)

Cosimo Antonio Prete, Università di Pisa,
[**antonio.prete@unipi.it**](mailto:antonio.prete@unipi.it)

Monica Puccini, Università di Pisa,
[**monica.puccini@unipi.it**](mailto:monica.puccini@unipi.it)

Marco Raugi, Università di Pisa,
[**marco.raugi@unipi.it**](mailto:marco.raugi@unipi.it)

Armando Viviano Razionale, Università di Pisa,
[**armando.viviano.razionale@unipi.it**](mailto:armando.viviano.razionale@unipi.it)

Alessandra Rigolini, Università di Pisa,
[**alessandra.rigolini@unipi.it**](mailto:alessandra.rigolini@unipi.it)

Lucio Russo, Domotz,
[**lucio.russo@gmail.com**](mailto:lucio.russo@gmail.com)

Sauro Salvadori, Hyperborea S.r.l.,
[**s.salvadori@hyperborea.com**](mailto:s.salvadori@hyperborea.com)

Marco Santochi, Università di Pisa,
[**santochi@ing.unipi.it**](mailto:santochi@ing.unipi.it)

Sergio Saponara, Università di Pisa,
[**sergio.saponara@unipi.it**](mailto:sergio.saponara@unipi.it)

Claudio Scali, Università di Pisa,
[**claudio.scali@unipi.it**](mailto:claudio.scali@unipi.it)

Maurizia Seggiani, Università di Pisa,
[**maurizia.seggiani@unipi.it**](mailto:maurizia.seggiani@unipi.it)

Giovanni Stea, Università di Pisa,
[**giovanni.stea@unipi.it**](mailto:giovanni.stea@unipi.it)

Angela Tarabella, Università di Pisa,
[**angela.tarabella@unipi.it**](mailto:angela.tarabella@unipi.it)

Alberto Toccafondi, Università di Siena,
[**alberto.toccafondi@unisi.it**](mailto:alberto.toccafondi@unisi.it)

Leonardo Tognotti, Università di Pisa,
[**leonardo.tognotti@unipi.it**](mailto:leonardo.tognotti@unipi.it)

Alessandro Tredicucci, Università di Pisa,
[**alessandro.tredicucci@unipi.it**](mailto:alessandro.tredicucci@unipi.it)

Gigliola Vaglini, Università di Pisa,
[**gigliola.vaglini@unipi.it**](mailto:gigliola.vaglini@unipi.it)

Renzo Valentini, Università di Pisa,
[**renzo.valentini@unipi.it**](mailto:renzo.valentini@unipi.it)

Sandra Vitolo, Università di Pisa,
[**sandra.vitolo@unipi.it**](mailto:sandra.vitolo@unipi.it)

Giovanni Vozi, Università di Pisa,
[**giovanni.vozi@unipi.it**](mailto:giovanni.vozi@unipi.it)

Lorenzo Zanni, Università di Siena,
[**lorenzo.zanni@unisi.it**](mailto:lorenzo.zanni@unisi.it)

Glossario

Le definizioni seguenti sono tratte da www.wikipedia.com e adattate agli scopi della presente pubblicazione

3G

Il termine 3G (sigla di 3rd Generation), nel campo della telefonia cellulare, indica le tecnologie e gli standard di terza generazione. I servizi abilitati dalle tecnologie di terza generazione consentono il trasferimento sia di dati "voce" (telefonate digitali) sia di dati "non-voce", ad esempio download da internet, invio e ricezione di email e instant messaging.

4G

Nell'ambito della telefonia mobile con il termine 4G (acronimo di 4th (*fourth*) Generation) si indicano relativamente a tale campo, le tecnologie e gli standard di quarta generazione successivi a quelli di terza generazione, che permettono quindi applicazioni multimediali avanzate e collegamenti dati con elevata banda passante.

5G

Nell'ambito della telefonia mobile, con il termine 5G (acronimo di 5th (*Fifth*) Generation) si indicano le tecnologie e gli standard di quinta generazione successivi a quelli di quarta generazione, che permettono quindi prestazioni e velocità superiori a quelli dell'attuale tecnologia 4G/IMT-Advanced.

Additive manufacturing

Per *additive manufacturing* o *3D printing*, stampa 3D, si intende la realizzazione di oggetti tridimensionali mediante produzione additiva, partendo da un modello 3D digitale. Il modello digitale viene prodotto con software dedicati e successivamente elaborato per essere poi realizzato, strato dopo strato, attraverso una stampante 3D.

Affidabilità

In teoria dei sistemi e probabilità, definendo come qualità di un assieme o di un sistema comunque complesso la sua rispondenza ai criteri di specifica tecnica di funzionamento, si definisce affidabilità la capacità di rispettare le specifiche tecniche di funzionamento nel tempo.

In sintesi, l'affidabilità di un assieme (un apparato elettronico, una macchina, etc.), di un sistema comunque com-

plesso o di un semplice componente (ad esempio una resistenza elettrica) è la misura della probabilità che l'insieme (od il componente) considerato non si guasti (ovvero non presenti deviazioni dal comportamento descritto nella specifica) in un determinato lasso di tempo.

L'*affidabilità* è composta da *availability* e *reliability*. La prima misura la probabilità che il sistema sia accessibile ed è composta dal tempo di off (tempo in cui il sistema non è in grado di funzionare) e la frequenza con cui si verifica l'evento negativo; la seconda misura la probabilità che il sistema produca risposte corrette.

Agent Based

Un modello basato su agenti *agent based model* (ABM) è uno di una classe di modelli computazionali per simulare le azioni e interazioni di agenti autonomi (entrambe le entità individuali o collettivi quali organizzazioni o gruppi) al fine di valutare i loro effetti sul sistema nel suo complesso. Esso combina elementi di teoria dei giochi, sistemi complessi, sociologia computazionale, sistemi multi-agente, programmazione evolutiva ed i metodi Monte Carlo sono utilizzati per introdurre casualità.

Analytics

Analytics è la scoperta, l'interpretazione e la comunicazione dei modelli significativi di dati. Particolarmente prezioso nelle zone ricche di informazioni registrate, l'analisi si basa sulla contemporanea applicazione di statistiche, programmazione di computer e ricerca operativa per quantificare le prestazioni. *Analytics* spesso favorisce la visualizzazione dei dati per comunicare un'intuizione.

Arduino

Arduino è una piattaforma hardware composta da una serie di schede elettroniche con un microcontrollore. È stata sviluppata da alcuni membri dell'Interaction Design Institute di Ivrea ed ideata come strumento per la prototipazione rapida e per scopi hobbistici, didattici e professionali.

Con Arduino si possono realizzare in maniera relativamente rapida e semplice piccoli dispositivi come controllori di

luci, di velocità per motori, sensori di luce, temperatura e umidità e molti altri progetti che utilizzano sensori, attuatori e comunicazione con altri dispositivi. È fornito di un semplice ambiente di sviluppo integrato per la programmazione. Tutto il software a corredo è libero, e gli schemi circuitali sono distribuiti come hardware libero.

Attuatore

Un attuatore è un meccanismo attraverso cui un agente agisce su un ambiente, inoltre l'agente può essere o un agente intelligente artificiale o un qualsiasi altro essere autonomo (umano, animale). In senso lato, un attuatore è talvolta definito come un qualsiasi dispositivo che converte dell'energia da una forma ad un'altra, in modo che questa agisca nell'ambiente fisico al posto dell'uomo. Anche un meccanismo che mette qualcosa in azione automaticamente è detto attuatore.

Auto-unloading

L'*auto-unloading* è un sistema robotizzato in grado di riconoscere le merci, grazie alla visione artificiale o a tecnologie simili, e di comunicare con il sistema gestionale dell'azienda così da inserire a sistema in modo veloce ed automatizzato le merci in ingresso.

Il sistema equivale all'automatizzazione delle attività di *unloading*, ossia nella necessità di svuotare i container contenenti le materie prime, i semilavorati o i prodotti finiti che l'azienda riceve dai propri fornitori. Infatti solitamente questo tipo di attività vengono svolte manualmente con un gran consumo di tempo e risorse e con grandi rischi legati alla sicurezza degli operatori, oltre che alla possibilità di furti o di danneggiamenti delle merci.

AGV

AGV è l'acronimo per *Automatic Guided Vehicle* (dall'inglese: Veicolo a guida automatica) e identifica dei veicoli, utilizzati principalmente in campo industriale per la movimentazione di prodotti all'interno di uno stabilimento. Esistono comunque anche veicoli atti a lavorare all'esterno, anche se molto meno utilizzati.

Big Data

Big Data è il termine usato per descrivere una raccolta di dati così estesa in termini di volume, velocità e varietà da richiedere tecnologie e metodi analitici specifici per l'estrazione di valore.

Il progressivo aumento della dimensione dei dataset è le-

gato alla necessità di analisi su un unico insieme di dati, con l'obiettivo di estrarre informazioni aggiuntive rispetto a quelle che si potrebbero ottenere analizzando piccole serie, con la stessa quantità totale di dati. Ad esempio, l'analisi per sondare gli "umori" dei mercati e del commercio, e quindi del trend complessivo della società e del fiume di informazioni che viaggiano e transitano attraverso Internet.

Big Data rappresenta anche l'interrelazione di dati provenienti potenzialmente da fonti eterogenee, quindi non soltanto i dati strutturati, come i database, ma anche non strutturati, come immagini, email, dati GPS, informazioni prese dai social network.

Con i *Big Data* la mole dei dati è dell'ordine degli Zettabyte, ovvero miliardi di Terabyte. Quindi si richiede una potenza di calcolo parallelo e massivo con strumenti dedicati eseguiti su decine, centinaia o anche migliaia di server.

Blockchain

Una *blockchain* (in italiano letteralmente: catena di blocchi) è una base di dati distribuita, introdotta dalla valuta Bitcoin che mantiene in modo continuo una lista crescente di record, i quali fanno riferimento a record precedenti presenti nella lista stessa ed è resistente a manomissioni. La prima e più conosciuta applicazione della tecnologia *blockchain* è la visione pubblica delle transazioni per i *bitcoin*, che è stata ispirazione per altre criptovalute e progetti di database distribuiti.

Bluetooth

Nelle telecomunicazioni *Bluetooth* è uno standard tecnico-industriale di trasmissione dati per reti personali senza fili (WPAN: *Wireless Personal Area Network*). Fornisce un metodo standard, economico e sicuro per scambiare informazioni tra dispositivi diversi attraverso una frequenza radio sicura a corto raggio.

Bluetooth (spesso abbreviato in BT) cerca i dispositivi coperti dal segnale radio entro un raggio di qualche decina di metri mettendoli in comunicazione tra loro. Questi dispositivi possono essere ad esempio palmari, telefoni cellulari, personal computer, portatili, stampanti, fotocamere digitali, smartwatch, console per videogiochi purché provvisti delle specifiche hardware e software richieste dallo standard stesso.

Capacità

In informatica e teoria dell'informazione, la capacità di canale è "il più piccolo limite superiore" alla quantità di infor-

mazione che può essere trasmessa in maniera affidabile su un canale. Secondo il teorema della codifica di canale la capacità di canale di un certo canale è il massimo tasso di trasferimento di dati che può fornire il canale per un dato livello di rapporto segnale/rumore, con un tasso di errore piccolo a piacere.

ChatBot

I chat bot, o chatBot, sono dei programmi che simulano una conversazione tra robot e essere umano. Questi programmi funzionano o come utenti stessi delle chat o come persone che rispondono alle FAQ (*frequently asked question*) delle persone che accedono al sito. Il loro sviluppo è ad uno stadio bassissimo. La loro capacità di colloquiare in modo lineare e congruo è limitata. Tuttavia il loro impiego risulta già da ora più che utile.

Una volta sviluppato uno schema un robot può eseguirlo e mostrarci il suo funzionamento. Infatti essi esprimono il massimo della riproducibilità del linguaggio. Fondamentalmente sono dotati di svariati contenitori etichettati (etichettabili) nei quali memorizzare i dati. Un maggior numero di stimoli produce una maggior quantità di risposte. Qual è il limite? Non sono in grado di seguire uno sviluppo semantico complesso.

Cloud

In informatica con il termine inglese *cloud computing* (in italiano nuvola informatica) si indica un paradigma di erogazione di risorse informatiche, come l'archiviazione, l'elaborazione o la trasmissione di dati, caratterizzato dalla disponibilità on demand attraverso Internet a partire da un insieme di risorse preesistenti e configurabili.

Le risorse non vengono pienamente configurate e messe in opera dal fornitore apposta per l'utente, ma gli sono assegnate, rapidamente e convenientemente, grazie a procedure automatizzate, a partire da un insieme di risorse condivise con altri utenti lasciando all'utente parte dell'onere della configurazione. Quando l'utente rilascia la risorsa, essa viene similmente riconfigurata nello stato iniziale e rimessa a disposizione nel pool condiviso delle risorse, con altrettanta velocità ed economia per il fornitore.

Controllo numerico

Il termine controllo numerico si riferisce a un sistema elettronico dotato di logica programmabile che, applicato a macchine utensili, le rende capaci di compiere un ciclo di lavoro autonomamente, senza l'intervento di un operatore umano.

Si dicono perciò "macchine a controllo numerico", o macchine "CNC", quelle macchine utensili il cui movimento durante la lavorazione è diretto da un dispositivo elettronico integrato nella macchina che ne comanda gli spostamenti e le funzioni secondo un ben definito programma di lavoro.

Le macchine CNC non sono robot: i robot sono in grado di adattarsi a variazioni dell'ambiente in cui stanno operando (oggetti non nella posizione prevista, intromissioni di altre macchine o di operai umani) e portare a termine ugualmente il compito a cui sono preposti; una macchina CNC invece si limita ad eseguire il programma impostato a prescindere da cosa accade intorno ad essa ed è responsabilità dell'operatore preparare i pezzi da lavorare ed intervenire in caso di imprevisti. In altre parole, le macchine CNC sono controllate da un computer dove un operatore imposta il programma.

Cyber Security (Sicurezza informatica)

Con il termine sicurezza informatica si intende quel ramo dell'informatica che si occupa delle analisi delle minacce, delle vulnerabilità e del rischio associato agli asset informatici, al fine di proteggerli da possibili attacchi (interni o esterni) che potrebbero provocare danni diretti o indiretti di impatto superiore ad una determinata soglia di tollerabilità (es. economico, reputazionale, politico-sociale, ecc...). Il termine è spesso sostituito con il neologismo *cyber security*, che rappresenta una sottoclasse del più ampio concetto di *information security*. Per *cyber security* si intende infatti quell'ambito dell'*information security* prettamente ed esclusivamente dipendente dalla tecnologia informatica. Nell'utilizzare il termine *cyber security* si vuole intendere, in particolare, un approccio mirato ad enfatizzare non tanto le misure di prevenzione (ovvero quelle misure che agiscono riducendo la probabilità di accadimento di una minaccia) ma soprattutto le misure di protezione (ovvero quelle misure che agiscono riducendo la gravità del danno realizzato da una minaccia). In altri termini l'approccio odierno alla *cyber security* si focalizza sul "cosa e come" fare dopo il realizzarsi di un incidente di sicurezza.

COBOT

Un COBOT o Co-Robot (da robot collaborativo) è un robot destinato a interagire fisicamente con gli esseri umani in spazi di lavoro comuni. Questo è in contrasto con altri robot, progettati per funzionare in modo autonomo o con la guida limitata, in quanto la maggior parte dei robot industriali sono stati sviluppati prima del decennio 2010.

Computational Intelligence

L'espressione intelligenza computazionale, *Computational Intelligence* (CI), di solito si riferisce alla capacità di un computer di imparare un compito specifico da dati o osservazione sperimentale. Anche se è comunemente considerato un sinonimo di *soft computing*, c'è ancora una definizione comunemente accettata di intelligenza computazionale.

In generale, l'intelligenza computazionale è un insieme di metodologie computazionali e approcci ispirati alla natura per affrontare problemi complessi del mondo reale a cui i modelli matematici o modelli tradizionali possono essere inutili per un paio di motivi: i processi potrebbero essere troppo complessi per un ragionamento matematico, potrebbe contenere un alcune incertezze durante il processo, o il processo potrebbe essere semplicemente stocastico in natura.

Computer Integrated Manufacturing

La produzione integrata di fabbrica o CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) è l'integrazione automatizzata tra i vari settori di un sistema di produzione (progettazione, ingegnerizzazione, produzione, controllo della qualità, pianificazione della produzione e marketing) al fine di minimizzare i tempi di sviluppo di un prodotto, ottimizzare la gestione delle risorse ed eventualmente essere flessibili per coprire quanto più possibile il mercato.

Data Mining

Il data mining è l'insieme di tecniche e metodologie che hanno per oggetto l'estrazione di un sapere o di una conoscenza a partire da grandi quantità di dati (attraverso metodi automatici o semi-automatici) e l'utilizzo scientifico, industriale o operativo di questo sapere.

Discrete events

Una simulazione a eventi discreti, *Discrete Event Simulation* (DES), modella il funzionamento di un sistema come una sequenza discreta di eventi nel tempo. Ogni evento si verifica in un particolare istante di tempo e segna un cambiamento di stato del sistema. Tra eventi consecutivi, si presume che si verifichi nessun cambiamento nel sistema; quindi la simulazione può saltare direttamente nel tempo da un evento successivo.

Questo contrasta con la simulazione continua in cui la simulazione registra continuamente la dinamica del sistema nel tempo. Invece di essere *Event Based*, è chiamata una simulazione *Activity Based*; il tempo è suddiviso in piccoli

intervalli e lo stato del sistema viene aggiornato in base alla serie di attività che accadono. Questo perché la simulazione *Discrete Event* non ha la possibilità di simulare ogni intervallo di tempo, che invece è tipico di una simulazione continua.

Drone

Un aeromobile a pilotaggio remoto o APR, comunemente noto come drone, è un velivolo caratterizzato dall'assenza del pilota umano a bordo. Il suo volo è controllato dal computer a bordo del velivolo, sotto il controllo remoto di un navigatore o pilota, sul terreno o in un altro veicolo. L'inclusione del termine aeromobile sottolinea che, indipendentemente dalla posizione del pilota e/o dell'equipaggio di volo, le operazioni devono rispettare le stesse regole e le procedure degli aerei con pilota ed equipaggio di volo a bordo.

Firewall

In informatica, nell'ambito delle reti di computer, un *firewall* (termine inglese dal significato originario di parete refrattaria, muro tagliafuoco, muro ignifugo; in italiano anche parafuoco o parafiamma) è un componente di difesa perimetrale di una rete informatica, originariamente passivo, che può anche svolgere funzioni di collegamento tra due o più tronconi di rete, garantendo dunque una protezione in termini di sicurezza informatica della rete stessa. Di norma, la rete viene divisa in due sottoreti: una, detta esterna, comprende interamente Internet mentre l'altra interna, detta LAN (*Local Area Network*), comprende una sezione più o meno grande di un insieme di computer host locali. In alcuni casi è possibile che nasca l'esigenza di creare una terza sottorete detta DMZ (o zona demilitarizzata) adatta a contenere quei sistemi che devono essere isolati dalla rete interna, ma che devono comunque essere protetti dal *firewall* ed essere raggiungibili dall'esterno (server pubblici).

Flexible Manufacturing System

Un *Flexible Manufacturing System*, sistema di produzione flessibile (FMS), è un sistema di produzione dotato della capacità di realizzare per via automatica prodotti differenti.

Fog Computing

Fog computing o *Fog networking*, noto anche come *fogging*, è un'architettura che utilizza uno o più moltitudini collabo-

relative di *end-user client* (utenti finali clienti) o di *near-user edge* (utenti vicino al bordo) per effettuare una notevole quantità di stoccaggio (piuttosto che immagazzinato principalmente nei *cloud* centrali), comunicazione (piuttosto che su una dorsale di Internet), il controllo, la configurazione, la misurazione e la gestione (e non controllata principalmente dai *gateway* di rete, come quelli della rete principale).

Forecast

Forecast è il processo di previsione del futuro sulla base di dati passati e presenti e più comunemente per l'analisi delle tendenze. *Prediction* è un termine simile, ma più generale. Entrambi potrebbero fare riferimento a metodi statistici convenzionali che impiegano serie storiche, trasversali o longitudinali di dati, o in alternativa ai metodi di giudizio meno formali.

Foresight

Foresight è una metodologia per la costruzione di scenari futuri riguardanti tecnologie, ecosistemi industriali mediante dati quantitativi (brevetti, pubblicazioni scientifiche ecc.) e/o qualitativi.

Gateway

Un *gateway* (dall'inglese, portone, passaggio) è un dispositivo di rete che opera al livello di rete e superiori del modello ISO/OSI. Il suo scopo principale è quello di veicolare i pacchetti di rete all'esterno di una rete locale (LAN).

Gateway è un termine generico che indica il servizio di inoltrare i pacchetti verso l'esterno; il dispositivo hardware che porterà a termine questo compito è tipicamente un router. Nelle reti più semplici è presente un solo *gateway* che inoltra tutto il traffico diretto all'esterno verso la rete Internet. In reti più complesse in cui sono presenti parecchie subnet, ognuna di queste fa riferimento ad un *gateway* che si occuperà di instradare il traffico dati verso le altre sottoreti o reindirizzarlo ad altri gateway.

GPS

Il sistema di posizionamento globale, (in inglese: *Global Positioning System*, in sigla: GPS, a sua volta abbreviazione di NAVSTAR GPS, acronimo di NAVigation Satellite Timing And Ranging Global Positioning System o di NAVigation Signal Timing And Ranging Global Position System) è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare civile che, attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in

orbita, fornisce ad un terminale mobile o ricevitore GPS informazioni sulle sue coordinate geografiche ed orario, in ogni condizione meteorologica, ovunque sulla Terra o nelle sue immediate vicinanze ove vi sia un contatto privo di ostacoli con almeno quattro satelliti del sistema. La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore.

Il sistema GPS è gestito dal governo degli Stati Uniti d'America ed è liberamente accessibile da chiunque sia dotato di un ricevitore GPS. Il suo grado attuale di accuratezza è dell'ordine dei metri, in dipendenza dalle condizioni meteorologiche, dalla disponibilità e dalla posizione dei satelliti rispetto al ricevitore, dalla qualità e dal tipo di ricevitore, dagli effetti di radio propagazione del segnale radio in ionosfera e troposfera (es. riflessione) e dagli effetti della relatività.

GPS Indoor

Un GPS Indoor, sistema di posizionamento interno *Indoor Positioning System* (IPS), è un sistema per localizzare oggetti o persone all'interno di un edificio tramite onde radio, campi magnetici, segnali acustici, o altre informazioni sensoriali raccolte da dispositivi mobili.

Gripper

Il *gripper*, pinze, è un tipo di *end effector* ovvero di dispositivo posto alla fine di un braccio robotico destinato ad interagire con l'ambiente.

High Performance Computing

In informatica con il termine *High Performance Computing* (HPC) (calcolo ad elevate prestazioni) ci si riferisce alle tecnologie utilizzate da computer cluster per creare dei sistemi di elaborazione in grado di fornire delle prestazioni molto elevate nell'ordine dei PetaFLOPS, ricorrendo tipicamente al calcolo parallelo. Il termine è molto utilizzato essenzialmente per sistemi di elaborazioni utilizzati in campo scientifico.

ICT

Le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (in inglese *Information and Communications Technology*, in acronimo ICT), sono l'insieme dei metodi e delle tecnologie che realizzano i sistemi di trasmissione, ricezione ed elaborazione di informazioni (tecnologie digitali comprese).

Industria 4.0

Industria 4.0 ci si riferisce ad una modalità organizzativa della produzione di beni o servizi che fa leva sull'integrazione degli impianti con le tecnologie digitali.

Intelligenza artificiale

L'intelligenza artificiale (o IA, dalle iniziali delle due parole, in italiano) è una disciplina appartenente all'informatica che studia i fondamenti teorici, le metodologie e le tecniche che consentono la progettazione di sistemi hardware e sistemi di programmi software capaci di fornire all'elaboratore elettronico prestazioni che, a un osservatore comune, sembrerebbero essere di pertinenza esclusiva dell'intelligenza umana.

Internet of things

In telecomunicazioni Internet delle cose (o, più propriamente, Internet degli oggetti o IoT, acronimo dell'inglese *Internet of things*) è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti.

L'Internet delle cose è una possibile evoluzione dell'uso della rete: gli oggetti (le "cose") si rendono riconoscibili e acquisiscono intelligenza grazie al fatto di poter comunicare dati su se stessi e accedere ad informazioni aggregate da parte di altri.

Ladder

Un *ladder diagram* (in italiano diagramma a scala, ma è di uso generale la dizione inglese) è un ausilio grafico per la programmazione dei controllori logici programmabili (PLC) di tipo discreto, divenuto ormai il linguaggio standard di programmazione, a fianco dei linguaggi di tipo assembler, ormai in via di abbandono.

Il linguaggio ladder è stato il primo linguaggio utilizzato per la programmazione del PLC che inizialmente andavano a sostituire i normali quadri a logica cablata che utilizzavano i relè. Nei casi più semplici infatti è facile passare dalle schema funzionale a quello ladder. Con questo linguaggio il programma è scritto all'interno di 2 linee che indicano l'alimentazione. Sono presenti inoltre delle righe orizzontali che congiungono queste verticali che vengono chiamate rung (poli). Queste linee orizzontali si considerano divise in 2 parti. La parte di sinistra è detta zona di test e sono presenti le variabili di ingresso o variabili interne. La zona di destra detta zona di azione comprende le uscite esterne o interne nonché i blocchi di funzione avanzata. L'energia può fluire solo da sinistra verso destra.

Latenza

La latenza (o tempo di latenza), in informatica, di un sistema può essere definita come l'intervallo di tempo che intercorre fra il momento in cui arriva l'input al sistema ed il momento in cui è disponibile il suo output. In altre parole, la latenza non è altro che una misura della velocità di risposta di un sistema.

LPWAN

Low-Power Wide-Area Network (LPWAN) o Low-Power Network (LPN) è un tipo di rete di telecomunicazioni wireless progettata per consentire le comunicazioni a lungo raggio a basso bit rate (numero di bit al secondo) tra le cose (oggetti connessi), come ad esempio i sensori gestiti con una batteria.

In particolare, nei casi in cui non si scambiano volumi elevati di dati e quando questi dati si muovono in una rete che connette sensori ed attuatori, le reti LPWAN ed in particolare le reti Long Range (LoRa) e SigFox la faranno da padrone.

Machine learning

L'apprendimento automatico (anche chiamato *machine learning* dall'inglese) è una branca dell'Intelligenza artificiale che "fornisce ai computer l'abilità di apprendere senza essere stati esplicitamente programmati" (Arthur Samuel, 1959). L'apprendimento automatico è strettamente legato al riconoscimento di pattern e alla teoria computazionale dell'apprendimento ed esplora lo studio e la costruzione di algoritmi che possano apprendere da un insieme di dati e fare delle predizioni su questi, costruendo in modo induttivo un modello basato su dei campioni. L'apprendimento automatico viene impiegato in quei campi dell'informatica nei quali progettare e programmare algoritmi espliciti è impraticabile.

L'apprendimento automatico è strettamente collegato, e spesso si sovrappone con la statistica computazionale, che si occupa dell'elaborazione di predizioni tramite l'uso di computer. L'apprendimento automatico è anche fortemente legato all'ottimizzazione matematica, che fornisce metodi, teorie e domini di applicazione a questo campo. Per usi commerciali, l'apprendimento automatico è conosciuto come analisi predittiva.

Machine to Machine

M2M, acronimo di *Machine to machine*. In generale ci si riferisce a tecnologie ed applicazioni di telemetria e telematica che utilizzano le reti wireless. *Machine to machine*

indica anche un insieme di software ed applicazioni che migliorano l'efficienza e la qualità dei processi tipici di ERP, CRM e asset management. Il termine M2M è in continua evoluzione. Tra le accezioni di M2M sono compresi i termini *Machine to Human* (M2H) e *Machine to Enterprise* (M2E). Nelle telecomunicazioni mobili il termine M2M indica *Mobile to Mobile* e descrive le comunicazioni che non coinvolgono le linee terrestri.

Microcontrollori

In elettronica digitale il microcontrollore o *microcontroller* o MCU (*MicroController Unit*) è un dispositivo elettronico integrato su singolo chip, nato come evoluzione alternativa al microprocessore ed utilizzato generalmente in sistemi embedded ovvero per applicazioni specifiche (*special purpose*) di controllo digitale.

Microprocessori

Il microprocessore è una tipologia particolare di processore elettronico che si contraddistingue per essere interamente costituita da uno o più circuiti integrati e per questo di dimensioni molto ridotte.

Il microprocessore è attualmente l'implementazione più comune della CPU e della GPU, utilizzato dalla quasi totalità dei moderni computer, con la caratteristica di utilizzare, per tutte le sue elaborazioni, un insieme di istruzioni fondamentali di base (*instruction set*).

Modello di Business

Il modello di business è l'insieme delle soluzioni organizzative e strategiche attraverso le quali l'impresa acquisisce vantaggio competitivo.

In particolare, il modello di business:

- fornisce le linee guida con cui l'impresa converte l'innovazione in acquisizione di valore (profitto) senza prescindere da una adeguata strategia in grado di apportare un vantaggio competitivo nei confronti della concorrenza (traccia così una direzione a cui probabilmente faranno seguito i follower);
- definisce una organizzazione che consenta di condividere la conoscenza all'interno dell'azienda e valorizzare le proprie risorse umane favorendo le condizioni ideali per incentivare l'innovazione;
- individua i rapporti di interazione e cooperazione con fornitori e clienti (mercato) valorizzando le proprie scelte (di modello e/o di business);
- stabilisce le metodologie e gli strumenti per analizzare in modo critico e continuativo i risultati ottenuti dal pro-

prio modello di business confrontandoli con quelli dei propri concorrenti.

Il modello di business è uno dei principali strumenti a disposizione del management per interpretare e gestire le dinamiche interne ed esterne all'azienda.

Piattaforme web

Il termine piattaforma, in informatica, indica una base software e/o hardware su cui sono sviluppate e/o eseguite applicazioni.

Open source

In informatica, il termine inglese open source (che significa sorgente aperta) indica un software di cui gli autori (più precisamente, i detentori dei diritti) rendono pubblico il codice sorgente, favorendone il libero studio e permettendo a programmatori indipendenti di apportarvi modifiche ed estensioni. Questa possibilità è regolata tramite l'applicazione di apposite licenze d'uso. Il fenomeno ha tratto grande beneficio da Internet, perché esso permette a programmatori distanti di coordinarsi e lavorare allo stesso progetto.

PLC

Il Controllore a Logica Programmabile o *Programmable Logic Controller* (PLC) è un controllore per industria specializzato in origine nella gestione o controllo dei processi industriali.

Il PLC esegue un programma ed elabora i segnali digitali ed analogici provenienti da sensori e diretti agli attuatori presenti in un impianto industriale. Nel tempo, con la progressiva miniaturizzazione della componentistica elettronica e la diminuzione dei costi, è entrato anche nell'uso domestico; l'installazione di un PLC nel quadro elettrico di un'abitazione, a valle degli interruttori magnetotermico e differenziale (salvavita), permette la gestione automatica dei molteplici sistemi e impianti installati nella casa: impianto di riscaldamento, antifurto, irrigazione, LAN, luci, ecc.

Un PLC è un oggetto hardware componibile. La caratteristica principale è la sua robustezza estrema; infatti normalmente il PLC è posto in quadri elettrici in ambienti rumorosi, con molte interferenze elettriche, con temperature elevate o con grande umidità. In certi casi il PLC è in funzione 24 ore su 24, per 365 giorni all'anno, su impianti che non possono fermarsi mai.

La struttura del PLC viene adattata in base al processo da automatizzare. Durante la progettazione del sistema di

controllo, vengono scelte le schede adatte alle grandezze elettriche in gioco. Le varie schede vengono quindi inserite sul BUS o rack del PLC.

Prototipo

Il prototipo è il modello originale o il primo esemplare di un manufatto, rispetto a una sequenza di eguali o similari realizzazioni successive. Normalmente costruito in modo artigianale e in scala 1:1, sul prototipo verranno effettuati collaudi, modifiche e perfezionamenti, fino al prototipo definitivo, da avviare alla produzione in serie.

Il termine — prevalentemente utilizzato in riferimento a congegni, macchinari e veicoli — deriva dal greco *πρωτότυπος*, composto di *πρωτο*, “precedente, primario” e *τύπος*, “tipo”.

Il prototipo può essere concettuale, funzionale, tecnico o di preserie, e in ogni caso può svolgere funzioni differenti nell'azienda.

Process Mining

Il *Process Mining* è una tecnica di *process management*, che permette l'analisi dei processi di business basati sui log degli eventi. Attraverso l'uso di specifici algoritmi di *data mining* applicati ai log degli eventi si può estrarre conoscenza da questi ultimi: è infatti possibile scoprire mode, modelli e molte altre informazioni riguardanti un sistema informativo. L'obiettivo del *Process Mining*, infatti, è di migliorare quest'ultimo, fornendo tecniche e strumenti per la scoperta di strutture di processi, di dati, di organizzazioni e strutture sociali a partire dai log.

Python

Python è un linguaggio di programmazione ad alto livello, orientato agli oggetti, adatto, tra gli altri usi, per sviluppare applicazioni distribuite, *scripting*, computazione numerica e *system testing*.

QR code

Un codice QR (in inglese QR code, abbreviazione di *Quick Response Code*) è un codice a barre bidimensionale (o codice 2D), ossia a matrice, composto da moduli neri disposti all'interno di uno schema di forma quadrata. Viene impiegato per memorizzare informazioni generalmente destinate a essere lette tramite un telefono cellulare o uno smartphone. In un solo crittogramma sono contenuti 7.089 caratteri numerici o 4.296 alfanumerici. Genericamente il formato matriciale è di 29x29 quadratini.

Il nome “QR” è l'abbreviazione dell'inglese “*Quick Response*” (“risposta rapida”), in virtù del fatto che il codice fu sviluppato per permettere una rapida decodifica del suo contenuto.

RaspberryPi

Il RaspberryPi è un *single-board* computer (un calcolatore implementato su una sola scheda elettronica) sviluppato nel Regno Unito dalla Raspberry Pi Foundation. Il suo lancio al pubblico è avvenuto il 29 febbraio 2012.

L'idea di base è la realizzazione di un dispositivo economico, concepito per stimolare l'insegnamento di base dell'informatica e della programmazione nelle scuole.

Gli impieghi della RaspberryPi superano gli scopi per i quali è stata creata e si vedono applicazioni prototipali in aziende in tutto il mondo.

Realtà aumentata

Per realtà aumentata (o realtà mediata dall'elaboratore in inglese *augmented reality*, abbreviato “AR”), si intende l'arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni, in genere manipolate e convogliate elettronicamente, che non sarebbero percepibili con i cinque sensi.

Rete di comunicazione

Una rete di telecomunicazioni è un insieme di dispositivi e dei loro collegamenti (fisici o logici) che consentono la trasmissione e la ricezione di informazioni di qualsiasi tipo tra due o più utenti situati in posizioni geograficamente distinte, effettuandone il trasferimento attraverso cavi, sistemi radio o altri sistemi elettromagnetici o ottici.

Retrofit

Il *retrofit* consiste nell'aggiungere nuove tecnologie o funzionalità ad un sistema vecchio, prolungandone così la vita utile.

Revamping

Revamping è un termine inglese usato in terminologia ferroviaria per indicare interventi di ristrutturazione generale su materiale rotabile come locomotori e carrozze passeggeri, con interessamento di tutti gli impianti del mezzo e con interventi strutturali sulla cassa atti a modificarne anche l'aspetto esteriore.

Il revamping si differenzia dal restyling per il fatto che coinvolge anche interventi più impegnativi sugli impianti e sul-

le parti meccaniche.

RFID/NFC

In telecomunicazioni ed elettronica con l'acronimo RFID (dall'inglese *Radio-Frequency IDentification*, in italiano identificazione a radiofrequenza) si intende una tecnologia per l'identificazione e/o memorizzazione automatica di informazioni inerenti oggetti, animali o persone (*automatic identifying and data capture*, AIDC) basata sulla capacità di memorizzazione di dati da parte di particolari etichette elettroniche, chiamate tag (o anche transponder o chiavi elettroniche e di prossimità), e sulla capacità di queste di rispondere all'interrogazione a distanza da parte di appositi apparati fissi o portatili, chiamati reader (o anche interrogatori). Questa identificazione avviene mediante radiofrequenza, grazie alla quale un reader è in grado di comunicare e/o aggiornare le informazioni contenute nei tag che sta interrogando; infatti, nonostante il suo nome, un reader (ovvero: "lettore") non è solo in grado di leggere, ma anche di scrivere informazioni.

In un certo senso, i dispositivi RFID possono essere quindi assimilabili a sistemi di lettura e/o scrittura senza fili con svariate applicazioni. In questi ultimi anni si sta affermando man mano anche lo standard NFC (*Near Field Communication*, comunicazione in prossimità, 13,56 MHz e fino a 10 cm, ma con velocità di trasmissione dati fino a 424 kbit/s) che estende gli standard per consentire lo scambio di informazioni anche tra lettori.

Robot

Il robot (pron. robòt o robó, all'inglese ròbot[1], dalla parola ceca *robota* che significa lavoro pesante, a propria volta derivata dall'antico slavo ecclesiastico *rabota*, servitù) è una qualsiasi macchina (di forma più o meno antropomorfa), in grado di svolgere più o meno indipendentemente un lavoro al posto dell'uomo.

Scheda elettronica

In elettronica, una scheda elettronica è un circuito stampato completo di tutti i componenti elettrici ed elettronici, unitamente agli accessori (dissipatori, connettori, ecc.) costituenti il circuito, atto a far funzionare, attraverso funzionalità proprie di elaborazione e/o controllo, una grande varietà di manufatti e apparecchi elettrici nei campi più svariati, dall'aspirapolvere al computer. A volte si tratta di un sottosistema di un sistema elettronico: più schede elettroniche interconnesse tra loro da un'unità centrale di controllo/elaborazione danno infatti vita ad un sistema

elettronico.

Semantic web

Con il termine *semantic web*, web semantico termine coniato dal suo ideatore, Tim Berners-Lee, si intende la trasformazione del World Wide Web in un ambiente dove i documenti pubblicati (pagine HTML, file, immagini, e così via) sono associati ad informazioni e dati (metadati) che ne specificano il contesto semantico in un formato adatto all'interrogazione e l'interpretazione (es. tramite motori di ricerca) e, più in generale, all'elaborazione automatica.

Con l'interpretazione del contenuto dei documenti che il web semantico impone, saranno possibili ricerche molto più evolute delle attuali, basate sulla presenza nel documento di parole chiave, e altre operazioni specialistiche come la costruzione di reti di relazioni e connessioni tra documenti secondo logiche più elaborate del semplice collegamento ipertestuale.

Sensore

Il sensore è un dispositivo che si trova in diretta interazione con il sistema misurato ed è, in ambito strettamente metrologico, riferito solamente al componente che fisicamente effettua la trasformazione della grandezza d'ingresso in un segnale di altra natura. I dispositivi in commercio spesso integrano al loro interno anche alimentatori stabilizzati, amplificatori di segnale, dispositivi di comunicazione remota, ecc. In quest'ultimo caso si preferisce definirli trasduttori.

Simulazione

Per simulazione si intende un modello della realtà che consente di valutare e prevedere lo svolgersi dinamico di una serie di eventi o processi susseguenti all'imposizione di certe condizioni da parte dell'analista o dell'utente.

Le simulazioni sono uno strumento sperimentale di analisi molto potente, utilizzato in molti ambiti scientifici e tecnologici dettato dalla difficoltà o impossibilità di riprodurre fisicamente in laboratorio reale le effettive condizioni da studiare e che si avvale delle grandi possibilità di calcolo offerte dall'informatica e dai sistemi di elaborazione. La simulazione, infatti, altro non è che la trasposizione in termini logico-matematica-procedurali di un "modello concettuale" della realtà; tale modello concettuale o modello matematico può essere definito come l'insieme di processi che hanno luogo nel sistema valutato e il cui insieme permette di comprendere le logiche di funzionamento del sistema stesso. Essa dunque è assimilabile ad una sorta di

laboratorio virtuale che consente spesso anche un abbattimento dei costi di studio rispetto ad esperimenti complessi realizzati in laboratorio reale.

Sistema di crittografia

La crittografia (dall'unione di due parole greche: κρυπτός (kryptós) che significa "nascosto", e γραφία (graphía) che significa "scrittura") è la branca della crittologia che tratta delle "scritture nascoste", ovvero dei metodi per rendere un messaggio "offuscato" in modo da non essere comprensibile/intelligibile a persone non autorizzate a leggerlo.

Un tale messaggio si chiama comunemente crittogramma e i metodi usati sono detti tecniche di cifratura.

Sistema di diagnostica automatica

I sistemi di diagnostica automatica sono hardware e software dedicati alla rilevazione automatica dello stato delle macchine e/o dei processi.

La diagnosi dal latino *diagnōsis*, attraverso il greco antico *διάγνωσις* (*diagnōsis*), da *διαγιγνώσκειν* (*diaghignōskein*, capire), formato da *διά* (*diá*, attraverso) + *γιγνώσκειν* (*ghignōskein*, conoscere), è la procedura di ricondurre un fenomeno o un gruppo di fenomeni, dopo averne considerato ogni aspetto, a una categoria. Il diagnostico sfrutta in qualche modo concetti riconducibili al teorema di Bayes, intuitivamente o esplicitamente.

La diagnosi è quindi, in generale, l'identificazione della natura o/e la causa di qualcosa, di qualsivoglia natura.

Sistema di visione artificiale

Un sistema di visione artificiale è un apparato elettronico che esegue funzioni di visione artificiale.

Un sistema di visione artificiale integra una o più telecamere dotate di sistema di acquisizione ed elaborazione immagini integrato o esterno, un software interno e/o esterno alla telecamera ed un sistema di illuminazione.

I sistemi di visione vengono impiegati in diversi campi, dall'industria ai servizi.

Un sistema di visione è in grado di misurare, riconoscere, identificare, selezionare, leggere codici e caratteri, guidare robot (guida robot). A tal fine trova larga applicazione nel controllo qualità dei prodotti, nella tracciabilità e nella loro movimentazione.

Il sistema di visione si integra facilmente con macchine ed impianti con i quali si interfaccia attraverso standard di comunicazione.

Smart factory

L'industry 4.0 evolve ed estende il concetto di smart factory che si compone di 3 parti:

- Smart production: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
- Smart services: tutte le "infrastrutture informatiche" e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (fornitore – cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.)
- Smart energy: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia.

Smart tracking

Generalmente un sistema di tracciamento (in lingua inglese *tracking system*) è uno strumento che tiene traccia degli utilizzatori di un servizio a volte finalizzato alla profilazione dell'utente. Può essere parte integrante di sistemi organizzativi (da un'anagrafe ad un bitTorrent *tracker*) oppure può essere parte non-integrante (fino a diventare anti-funzionalità) di qualsiasi altro servizio come ad esempio il tracciamento degli utenti a finalità statistiche o per effettuare marketing mirato (come in strumenti di *web analytics* come Piwik).

System Dynamics

System Dynamics, dinamica del sistema (SD), consiste in una metodologia per la modellazione ed una tecnica di simulazione al computer per inquadrare, comprendere e discutere questioni e problemi complessi.

La dinamica dei sistemi è un aspetto della teoria dei sistemi come metodo per la comprensione del comportamento dinamico dei sistemi complessi. La base del metodo è il riconoscimento che la struttura di ogni sistema - le molte relazioni circolari, intrecciate e a volte ritardate esistenti tra le sue componenti - è spesso altrettanto importante nel determinare il suo comportamento quanto i singoli componenti stessi.

Ciò che rende la dinamica dei sistemi diversa da altri approcci allo studio dei sistemi complessi è l'uso degli anelli di retroazione e dei livelli e flussi (nella dinamica dei sistemi, i termini "livello" e "stock" possono considerarsi intercambiabili). Questi elementi aiutano a descrivere come anche sistemi apparentemente semplici esibiscono una

non linearità sconcertante.

Tag

Un *tag* (cioè etichetta, marcatore, identificatore) è una parola chiave o un termine associato a un'informazione (un'immagine, una mappa geografica, un post, un video clip...), che descrive l'oggetto rendendo possibile la classificazione e la ricerca di informazioni basata su parole chiave. I tag sono generalmente scelti in base a criteri informali e personalmente dagli autori/creatori dell'oggetto dell'indicizzazione. Tuttavia i tag possono anche essere usati in modo improprio, ovvero fornire indicazioni riguardo all'opinione che qualcuno ha di un'opera e quindi essere correlati al consumatore del contenuto e non al contenuto in sé. Da qui si evince come il semplice associare tag non sia sufficiente a dare un livello semantico alla rete, sebbene alcuni includano il meccanismo del tagging nel web semantico.

Teleoperation

Teleoperation, teleoperazione, indica il funzionamento di una macchina a distanza. È simile al significato della frase "comando a distanza", ma di solito sono interscambiabili nella ricerca, negli ambienti accademici e tecnici. È più comunemente associata alla robotica e ai robot mobili, ma può essere applicata a tutta una serie di circostanze in cui un dispositivo o di una macchina è gestito da una persona a distanza.

Il termine teleoperazione è usato nella ricerca e nelle comunità tecniche come termine standard per riferirsi al funzionamento a distanza. Questo è in contrasto con la telepresenza che è un termine meno standard e potrebbe fare riferimento a tutta una serie di esistenze o interazioni che includono una connotazione remota.

Wearable device

Un dispositivo indossabile (in inglese, *wearable device*) fa parte di una tipologia di dispositivi elettronici che si indossano solitamente sul polso e hanno funzioni quali notificatori collegati allo smartphone con il wireless, le onde medie FM o più spesso con il Bluetooth. A ciò si aggiungono funzionalità spesso legate al fitness.

Wi-fi

Nel campo delle telecomunicazioni, il Wi-Fi è una tecnologia che attraverso i relativi dispositivi consente a terminali di utenza di collegarsi tra loro attraverso una rete locale in

modalità wireless (WLAN) basandosi sulle specifiche dello standard IEEE 802.11.

A sua volta la rete locale così ottenuta può essere allacciata alla rete Internet tramite un router e usufruire di tutti i servizi di connettività offerti da un ISP.

Qualunque dispositivo o terminale di utenza (computer, cellulare, palmare, tablet ecc.) può connettersi a reti di questo tipo se integrato con le specifiche tecniche del protocollo Wi-Fi.

Zigbee

In telecomunicazioni nel mondo delle tecnologie wireless ZigBee rappresenta uno dei principali standard di comunicazione, curato dalla ZigBee Alliance. Attraverso l'uso di piccole antenne digitali a bassa potenza e basso consumo basate sullo standard IEEE 802.15.4 per wireless personal area networks (WPAN), lo standard specifica una serie di profili applicativi che permettono di realizzare una comunicazione specifica per i diversi profili tipici nel campo delle Wireless Sensor Networks, che variano dal mondo dell'energia (*Smart Energy*) al mondo della domotica (*Home Automation e ZigbeeLightLink*). La relazione esistente fra ZigBee e IEEE 802.15.4-2003 è simile a quella esistente la Wi-Fi Alliance e IEEE 802.11.

La specifica ZigBee 1.0 è stata approvata il 14 dicembre 2004 ed è pubblicamente disponibile per gli sviluppatori, ma non è consentito usare il logo della ZigBee Alliance per scopi commerciali se prima il dispositivo non viene certificato dall'Associazione (e dunque deve passare una procedura di test passando attraverso una delle Test Houses ufficiali dell'Alliance). I produttori di chipset ZigBee prevedono dispositivi da 128 kB.

Nel 2014 la ZigBee Alliance ha annunciato un nuovo stack protocollare chiamato ZigBee 3.0, che andrà ad inglobare diversi profili applicativi oggi visti come verticali e non interoperabili fra loro. Di fatto, una volta rilasciato questo stack (che andrà a sostituire l'ultima versione, la specifica ZigBee PRO 2007) vi saranno solo 2 domini principali, uno per l'Energy e uno per l'Home Automation.

Approfondimenti

Documenti

Baldoni, R., Montanari, L., 2015. Italian Cyber Security Report. Ultimo accesso: 17/01/17 http://www.cybersecurityframework.it/sites/default/files/CSR2015_web.pdf

Baur, C., Wee, D., 2015, Manufacturing's next act. McKinsey&Company Operations. Ultimo accesso: 17/01/17 <http://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/manufacturings-next-act>

Davenport, T. H., Patil, D.J., 2012. Data Scientist: The Sexiest Job of the 21st Century, Harvard Business Review. Ultimo accesso: 17/01/17 <https://hbr.org/2012/10/data-scientist-the-sexiest-job-of-the-21st-century>

European Agency for Safety and Health at Work, 2010. Maintenance and Occupational Safety and Health: A statistical picture. Ultimo accesso: 17/01/17 https://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/maintenance_OSH_statistics/view

International Organization for Standardization, 2011. ISO 10218-1:2011 - Robots and robotic devices -- Safety requirements for industrial robots. Ultimo accesso: 17/01/17 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=51330

International Organization for Standardization, 2016. ISO/TS 15066:2016

Robots and robotic devices -- Collaborative robots. Ultimo accesso: 17/01/17 http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=62996

Istituto Nazionale Assicurazione Infortuni sul Lavoro, 2016. Relazione annuale 2015. Ultimo accesso: 17/01/17 https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/rapporti-e-relazioni-inail/relazione_annuale_2015.html

Istituto Regionale Programmazione Economica Toscana, 2016. Analisi degli ambiti prioritari di domanda e offerta di tecnologie per la Fabbrica Intelligente. Ultimo accesso: 17/01/17 [\[ads/2016/10/fabbrica_intelligente_bertini-fesr-04-2016.pdf\]\(ads/2016/10/fabbrica_intelligente_bertini-fesr-04-2016.pdf\)](http://www.irpet.it/wp-content/uplo-</p></div><div data-bbox=)

McKinsey Global Institute, 2016. Poorer than their parents? A new perspective on income inequality. Ultimo accesso: 17/01/17 <http://www.mckinsey.com/global-themes/employment-and-growth/poorer-than-their-parents-a-new-perspective-on-income-inequality>

Ministero dello Sviluppo Economico, 2016. Piano nazionale Industria 4.0 Investimenti, produttività e innovazione. Ultimo accesso: 17/01/17 http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Industria_40%20conferenza_21_9

PricewaterhouseCoopers, 2016. Industry 4.0: Building the digital enterprise - Global Industry 4.0 Survey. Ultimo accesso: 17/01/17 <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>

Staufen Italia, 2015. Industria 4.0 - Sulla strada della fabbrica del futuro. Qual è la situazione dell'Italia?. Ultimo accesso: 17/01/17 <http://docplayer.it/12430852-Industria-4-0-sulla-strada-della-fabbrica-del-futuro-qual-e-la-situazione-dell-italia-contatto-giancarlo-oriani-g-oriani-staufen.html>

The Economist, 2007. Business by numbers. The Economist Newspaper Limited. Ultimo accesso: 17/01/17 <http://www.economist.com/node/9795140>

Weisz, B., 2016. Quanto costa l'upgrade di un'azienda al modello industry 4.0. AgendaDigitale.eu. Ultimo accesso: 17/01/17 http://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/quanto-costa-l-upgrade-di-un-azienda-al-modello-industry-40_1978.htm

World Economic Forum, 2016. The Future of Jobs - Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Ultimo accesso: 17/01/17 <https://www.weforum.org/reports/the-future-of-jobs>

Sitografia

3logic MK: <http://www.3logic.it/>

Alfresco: <https://www.alfresco.com/it>

Centro Piaggio: <http://www.centropiaggio.unipi.it/>

Chimet: <http://www.chimet.com/it>

Cubit: <http://www.cubitlab.com/>

Earth Overshoot Day: <http://www.overshootday.org/>

Errequadro: <http://www.errequadrosrl.com/>

European Truck Platooning Challenge: <https://www.eutruckplatooning.com/home/default.aspx>

FRANKA EMIKA: <https://www.franka.de>

Italian Cyber Security Framework: <http://www.cybersecurityframework.it/>

Libelium: <http://www.libelium.com/>

Liberologico: <http://www.liberologico.com/>

Net7: <http://www.netseven.it/>

Netresults: <http://www.netresults.it/>













PHA Distribution: <http://www.phadistribution.com/>

PHRIENDS: <http://www.centropiaggio.unipi.it/projects/phriends-physical-human-robot-interaction-dependability-and-safety.html>

Riddle & Code: <http://riddleandcode.com/>

Walk-Man: <http://www.centropiaggio.unipi.it/news/così-è-nato-walkman-incontro-con-il-team-pisano-che-ha-progettato-e-costruito-il-robot.html>

Zerynth: <http://www.zerynth.com/>

 PRODUZIONE robot cobot rfid/nfc microcontrollori sensori cloud processori plc	 LOGISTICA INTERNA droni agv gps indoor rfid dispositivi di visualizzazione cloud auto-unloading	 ACQUISTI rfid sensori block chain auto-unloading	 MANUTENZIONE wearable devices sensori realtà aumentata tablet cloud	 LOGISTICA ESTERNA droni block chain rfid sensori cloud gps	 DISTRIBUZIONE E VENDITE sensori cloud microcontrollori data mining microprocessori	 SERVIZI POST-VENTITA piattaforme web sistemi di diagnostica automatica
 RISORSE sensori microprocessori	microprocessori microcontrollori	microprocessori microcontrollori	microprocessori microcontrollori	microprocessori microcontrollori	microprocessori microcontrollori	microprocessori microcontrollori attuatori
 RETE wi-fi 3G 4G 5G zigbee	wi-fi 3G 4G 5G zigbee	bluetooth 3G 4G 5G zigbee	bluetooth 3G 4G 5G zigbee	rfid/nfc 3G 4G 5G zigbee	ipwan 3G 4G 5G zigbee	ipwan 3G 4G 5G zigbee
 CYBER SECURITY firewall sistemi di crittografia	firewall sistemi di crittografia	firewall sistemi di crittografia	sistemi di crittografia	sistemi di crittografia	block chain	block chain
 BIG DATA & ANALYTICS fog data mining	fog data mining	data mining	data mining	intelligenza artificiale	intelligenza artificiale	cloud
 SIMULAZIONE agent based system dynamics discrete events	agent based system dynamics discrete events	system dynamics discrete events	system dynamics discrete events	system dynamics discrete events	discrete events	discrete events

Il nostro ringraziamento va a tutti i docenti, i ricercatori e gli imprenditori che con il loro contributo hanno consentito di arricchire questo volume di descrizioni e riflessioni di grande valore.

Un grazie sentito va ai sostenitori dell'iniziativa i quali hanno rafforzato di giorno in giorno la nostra convinzione sull'importanza di scrivere un volume come questo.

Si ringraziano inoltre gli uffici regionali della DG Presidenza e della Direzione Attività produttive per il prezioso supporto fornito nel coordinare le attività, in particolare Francesca Parigi Bini e Monica Bartolini.

Un ringraziamento particolare a Serena Guidi, Silvia Marchini, Alessandra Parravicini, Chiara Spinelli, Manuela Tassoni e Lorna Vatta.

Infine ringraziamo tutti coloro che avranno voglia di leggere queste pagine nella speranza che possano trarre degli spunti preziosi per sviluppare nuove idee.

In collaborazione con:



"Il futuro non è quello che succederà, ma la conseguenza di quello che facciamo. E quello che facciamo è la conseguenza del modo che abbiamo di descrivere il mondo.

Chi esagera con le parole distrugge futuro, alimentando aspettative insensate.

Allo stesso modo, chi non conosce le parole che collegano i fatti di oggi con la prospettiva che porta al domani non sa dove lo condurranno le sue azioni. Questo volume aiuta ad andare nella direzione giusta."

**L. De Biase
(Editor di innovazione, Sole 24 Ore e Nova24)**

"La PMI italiana non può sottrarsi alla trasformazione digitale: ne va della sua forza, della sua capacità di rispondere al mercato e quindi, alla fine, della sua stessa sopravvivenza."

**P. Barberis
(Fondatore di Nana Bianca)**

"Una rivoluzione permette agli outsider di emergere grazie al loro talento, la loro intraprendenza, alla capacità di interpretare per primi il futuro che verrà. Questo vale per i singoli, per le aziende, per interi paesi.

Al Polo vogliamo scovarli e aiutarli a crescere!"

**A. Di Benedetto
(Presidente del Polo Tecnologico di Navacchio,
Vicepresidente nazionale CNA e CEO di 3logic MK)**

"Per un giovane imprenditore l'opportunità dell'Industria 4.0 sta nella possibilità di rivedere prodotti, modelli organizzativi e modelli di business con una visione di insieme.

Il libro, in poche pagine, cerca di diradare la nebbia intorno ai concetti del 4.0 e separare il vero valore dagli slogan."

**M. Cervelli
(CTO Urania Group)**

"Questo volume mette in luce che la robotica non è sinonimo di automazione industriale, ma che rappresenta molto di più: se i vari capitoli spiegano con semplicità le tecnologie che caratterizzano il nuovo paradigma, gli esempi e i collegamenti mostrano che un approccio moderno non può prescindere dalla progettazione dell'interconnessione fra gli elementi di tutto il sistema."

**R. Valleggi
(Presidente di Scienza Machinale)**

"Industry 4.0 applicata alla nostra azienda permetterà di accorciare i tempi e ridurre i costi di sviluppo di nuovi strumenti, e allo stesso tempo migliorare la qualità. Una volta questi obiettivi erano contrapposti, oggi diventa più facile soddisfare le esigenze dei nostri clienti e quelle interne all'azienda."

**G. Mura
(Responsabile SGQ presso C.S.O. Costruzione Strumenti Oftalmici)**