



Fondazione Giacomo Brodolini  
00185 Roma - Via Solferino, 32  
tel. 0644249625 fax 0644249565  
info@fondazionebrodolini.it  
www.fondazionebrodolini.it

**Prima edizione:** Roma, Dicembre 2017  
Stampato in Italia

**Come ordinare le pubblicazioni della Fondazione Giacomo Brodolini**  
Per ordinare le pubblicazioni si prega di mandare una mail all'indirizzo  
info@fondazionebrodolini.it.

ISBN 9788895380445



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>

**ECOSISTEMI 4.0:  
IMPRESE, SOCIETÀ,  
CAPITALE UMANO**

**Autori**

**Gualtiero Fantoni, Gloria Cervelli,  
Simona Pira, Leonello Trivelli**

Dipartimento di Ingegneria Civile ed Industriale - Università di Pisa

**Chiara Mocenni, Roberto Zingone**

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche -  
Università di Siena

**Tommaso Pucci**

Dipartimento di Studi Aziendali e Giuridici - Università di Siena

**illustrazioni di  
Luca Diamanti**

## Quaderni della Fondazione Giacomo Brodolini

### Curatrice Anna Maria Simonazzi

La collana *Quaderni della Fondazione Giacomo Brodolini* presenta i risultati delle attività di ricerca della Fondazione e approfondimenti sui temi che nel tempo sono diventati il centro della sua attività culturale: occupazione, sviluppo locale, valutazione di politiche pubbliche, politiche sociali, pari opportunità, storia.

### Comitato editoriale

#### Filippo Abramo

Presidente di Federmanagement, federazione italiana di associazioni di manager ed esperti di professione che operano all'interno di ogni tipo di organizzazione complessa in ogni campo funzionale, è un esperto di gestione di risorse umane.

#### Eddy Adams

Si occupa di politiche pubbliche come consulente e saggista indipendente. I suoi ambiti di intervento sono lo sviluppo economico, la rigenerazione urbana, l'impresa, le competenze, la formazione e l'inclusione.

#### Tine Andersen

Analista politica, consulente e formatrice sui temi del mercato del lavoro e dell'educazione, lavora per il Danish Technological Institute Centre for Policy and Business Analysis.

#### Massimo Baldini

Professore associato di Economia pubblica presso il Dipartimento di Economia Marco Biagi dell'Università di Modena e Reggio Emilia, è specializzato nei temi della povertà, valutazione delle politiche pubbliche, tassazione e sistemi di welfare.

#### Fabrizio Barbiero

Dirigente del Dipartimento Fondi Strutturali Europei e Sviluppo Economico del Comune di Torino. Gestisce servizi per le PMI e servizi innovativi di marketing territoriale in aree urbane depresse.

#### Cari Caldwell

Direttrice di Future Considerations, gruppo di consulenza con base a Londra, ha più di 15 anni di esperienza nell'aiutare le persone e le organizzazioni a dare alla luce tutto il loro potenziale.

#### Bruno Calvetta

Manager esperto nella gestione di strutture sanitarie pubbliche. È stato Direttore Generale regionale del Dipartimento del Lavoro, Politiche della Famiglia, Formazione Professionale, Cooperazione e Volontariato. È docente universitario a contratto presso il Politecnico di Milano, la LUISS "Guido Carli" di Roma, l'Università "Magna Graecia" di Catanzaro e l'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

#### Maria Caprile

Sociologa, è a capo delle attività di ricerca di NOTUS, un'organizzazione no profit spagnola che si occupa di ricerca sociale applicata. Ha una lunga

esperienza nella ricerca comparativa sui temi del mercato del lavoro e parità di genere.

### **Giorgio Centurelli**

Esperto nei temi della programmazione, gestione, controllo e valutazione dei fondi strutturali e dei fondi nazionali. Autore di numerosi articoli e saggi sui temi delle politiche per lo sviluppo. È anche membro della Commissione Credito al Consumo e Microcredito e dell'Associazione Nazionale per lo Studio dei Problemi del Credito.

### **Emma Clarence**

Analista politica per il Programma LEED dell'OECD che ha sede presso il Centro per lo Sviluppo Locale di Trento. Lavora nell'area dell'innovazione sociale, e nello specifico si occupa di inclusione sociale e del ruolo dell'economia sociale.

### **Niall Crowley**

Esperto indipendente sui temi dell'uguaglianza. Ha collaborato in diverse iniziative europee sia a livello europeo che nazionale. In Irlanda è stato Garante per le Pari Opportunità.

### **Miquel de Paladella**

Economista con un'ampia esperienza internazionale nei temi dello sviluppo e imprenditore sociale esperto in organizzazioni internazionali. È cofondatore di 1x1microcredit, Presidente di ACAF e membro del board di Grup33.

### **Michele Faioli**

Professore di Diritto del Lavoro presso l'Università di Roma Tor Vergata. È esperto di relazioni industriali e diritto comparato europeo, è il coordinatore scientifico del progetto su TTIP della

Fondazione Giacomo Brodolini e cocoordinatore della Scuola Europea di Relazioni Industriali (SERI).

### **Giuseppe Fiorani**

Professore a contratto presso il Dipartimento di Economia Marco Biagi dell'Università di Modena e Reggio Emilia. Ricercatore esperto nei temi dei fondi strutturali e occupazione, è il responsabile per la valutazione delle politiche per l'impiego italiane per conto dell'Osservatorio europeo sull'occupazione.

### **Elvira González**

Economista specializzata in occupazione, coesione sociale e politiche di genere, dirige il gruppo di economisti del Centro per gli studi economici Tomillo in Spagna. È membro spagnolo del Network di ricerca sul mercato del lavoro SYSDM e del Network europeo per il genere, l'occupazione e l'inclusione sociale ENEGE.

### **Alberto Masetti-Zannini**

Presidente e fondatore di Impact Hub Milano, coordinatore delle attività internazionali e delle relazioni esterne, è anche coordinatore del Cluster Unione europea del Network internazionale di Impact Hub.

### **Andrew McCoshan**

Consulente e ricercatore indipendente, professore associato presso l'Accademia di Alta Formazione britannica, esperto ECET per il Regno Unito e membro del gruppo di ricerca della task force britannica su educazione e datori di lavoro, ha un'esperienza di lungo corso su educazione, formazione e occupazione.

### **Fabrizio Montanari**

Professore Associato di Organizzazione Aziendale presso l'Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia, dove è responsabile scientifico dell'Unità di ricerca OPERA del Centro di ricerca GIUnO, specializzata nello studio delle industrie creative e social media.

### **Alessandro Paparelli**

Capo delle Risorse umane e organizzazione del lavoro per la Salvatore Ferragamo in Asia, fa base a Hong Kong, è editorialista per il Gruppo 24 ORE e autore di diversi libri, inclusi due testi su innovazione ed etica in Cina pubblicati dall'editore Hoepli, Milano.

### **Vito Peragine**

Professore di Scienza delle Finanze presso l'Università di Bari. Le sue aree di specializzazione sono l'economia pubblica, e più specificamente l'analisi distributiva, le politiche sociali, l'economia della formazione e del mercato del lavoro.

### **Michele Raitano**

Ricercatore in Politica economica presso la Sapienza Università di Roma. I suoi principali interessi di ricerca sono: welfare state, politiche sociali, mercato del lavoro e redistribuzione, capitale umano ed educazione.

### **Giacomo Silvestri**

Dirige l'organizzazione generale e i cambiamenti organizzativi presso Generali. È responsabile della pianificazione della governance globale e dell'organizzazione del lavoro, delle

strategie di gestione e motivazione della forza lavoro e della pianificazione e gestione dei cambiamenti.

### **Pietro Tagliatesta**

Attualmente lavora per la Direzione Generale per l'inclusione sociale del Ministero del Lavoro italiano. È un esperto in programmazione, implementazione e valutazione di politiche europee e nazionali. Precedentemente ha lavorato come esperto nazionale presso la Direzione Generale per l'Occupazione della Commissione europea dove si è occupato di fondi strutturali e della strategia Europa 2020.

### **Eckhard Voss**

È uno dei fondatori, ricercatori esperti e consulente per gli affari europei per la Wilke, Maack e Partner di Amburgo. Durante la sua carriera ha sviluppato una profonda conoscenza delle relazioni industriali, del dialogo sociale e degli sviluppi del mercato del lavoro in contesto internazionale.

### **Charlotte Wolff-Bye**

Vice-presidente, responsabile per la strategia e politica di sostenibilità presso Statoil. Esperta in strategie di responsabilità d'impresa, con un approccio orientato alla buona governance, al coinvolgimento degli stakeholders, ai diritti umani e alla trasparenza, nel corso della sua carriera ha lavorato con diverse imprese internazionali. Contribuisce al lavoro della Fondazione Giacomo Brodolini in maniera indipendente e a titolo personale.

# Indice

<b>Prefazione</b>	11
di Gualtiero Fantoni	
<b>Introduzione</b>	13
di Andrea Bonaccorsi e Diego Teloni	
<b>PARTE UNO</b>	
<b>LE TECNOLOGIE 4.0 APPLICATE A CONTESTI REALI</b>	<b>15</b>
<b>Cos'è l'Industria 4.0</b>	<b>17</b>
<b>Come approcciarsi all'Industria 4.0</b>	<b>27</b>
<b>Produzione</b>	<b>35</b>
RFID per la <i>sicurezza</i>	44
Refrigeration On Internet	48
Monitoraggio di un processo produttivo	51
<b>Manutenzione</b>	<b>53</b>
I wearable device per la <i>sicurezza</i> sul lavoro	52
La manutenzione intelligente	58
La manutenzione con tecnologie semantiche	60

<b>Logistica interna e acquisti</b>	<b>63</b>
Sistema di tracking delle risorse in magazzino	73
“Smartificazione” dei mezzi di trasporto	75
Ottimizzazione attraverso la simulazione	77
<b>Fuori dai cancelli della fabbrica:</b>	
<b>logistica esterna, retail e post-vendita</b>	<b>79</b>
Smart contract nella logistica esterna	83
Una vetrina 4.0	87
Piattaforma per le attività post-vendita	90
<b>Tecnologie di supporto all'adozione del 4.0 in azienda</b>	<b>93</b>
Risorse	93
Rete	100
Cyber Security	103
Big Data & Analytics	105
Simulazione	109
Oltre i sensori classici	111
<b>Criticità</b>	<b>113</b>
<b>Quanto costa e quanto rende</b>	<b>117</b>
<b>PARTE DUE</b>	
<b>LE FONDAMENTA DELLA RIVOLUZIONE DIGITALE</b>	<b>121</b>
<b>Le fonti del modello</b>	<b>123</b>
Norma DIN SPEC 91345:2016	123
Acatech Study	127
Da acatech al modello di valutazione	134
Acatech oltre la Norma	135
Metriche acatech STUDY	135
Punti di forza e di debolezza del modello acatech	136

<b>Il modello di valutazione</b>	<b>139</b>
Piano di assessment e audit	140
Pre-valutazione	141
<i>Metriche Pre-valutazione</i>	
<i>Report Pre-valutazione</i>	
Assessment	144
<i>Metriche Assessment</i>	
<i>Report Assessment</i>	
Audit	152
<i>Metriche Audit</i>	
<i>Report Audit</i>	
Prospettive di sviluppo	161
<i>Sul modello di business</i>	
<i>Sulla filiera</i>	
Conclusioni	163
<b>Bibliografia</b>	<b>165</b>
Ulteriori approfondimenti	167
<b>Autori</b>	<b>171</b>
<b>Contributori</b>	<b>173</b>



# PREFAZIONE

Questo libro nasce dalla volontà di fornire un vademecum che da un lato descriva in modo semplice i cambiamenti che le tecnologie di Industria 4.0 possono generare nelle aziende, e che dall'altro aiuti le aziende stesse a comprendere quanto sono pronte per sfruttare le opportunità offerte dal nuovo paradigma di Industria 4.0.

L'industria 4.0 potrebbe essere letta come una riuscitissima azione di marketing ad opera di un gruppo di attori tedeschi, ma le politiche dei governi europei da un lato e le prime implementazioni realizzate dalle imprese dall'altro stanno trasformando l'Industria 4.0 in realtà.

Al fine di comprendere come calare sul contesto italiano questi concetti nati nel mondo delle grandi imprese tedesche il mio team di ricerca, con il supporto di docenti provenienti dalle Università Toscane e non solo, ha cercato di contribuire al dibattito sul tema con lo scopo di creare le basi per facilitare la comprensione e l'implementazione del paradigma 4.0 all'interno delle imprese. Con questa iniziativa speriamo di aver dato un contributo (seppur piccolo) alla possibilità di modernizzazione produttiva del nostro tessuto economico.

In particolare, data la crescente importanza assunta delle interconnessioni tra imprese, pubblica amministrazione e provider di servizi, la sfida più grande diventa quella di coinvolgere nello sviluppo del paradigma di Industria 4.0 tutti gli attori che contribuiscono alla crescita economica e sociale del Paese attraverso modelli interpretativi comuni che consentano di delineare in maniera condivisa le strategie da perseguire per creare valore a tutti i livelli.

Gualtiero Fantoni

Pisa, Dicembre 2017



# INTRODUZIONE

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 CAD/CAM e, nelle aziende più lungimiranti, anche i primi 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 (l'ombra 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?

Invece che inseguire un modello di "fabbrica digitale" priva di uomini, o di sovrasistemi 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.

Per fare questo, oltre alle competenze specifiche sulle diverse tecnologie, serve un enorme sforzo di divulgazione e modellizzazione, 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 nazionale, sono abbondanti.

La prima parte del volume approfondisce le tecnologie centrali del paradigma di Industria 4.0 e ne descrive l'impatto sulle diverse attività aziendali. La seconda sezione invece tratta di un modello di valutazione in grado di misurare il livello di maturità delle imprese sulle tematiche di Industria 4.0.

Senza misura è impossibile quantificare i progressi e la comprensione di quali siano gli impatti e il ritorno sull'investimento di un passaggio all'Industria 4.0 è l'elemento centrale da approfondire nel prossimo futuro.

Dicembre 2017

Andrea Bonaccorsi

*Ordinario di Ingegneria gestionale e Coordinator dell'Advisory Board su Industria 4.0 della Regione Toscana*

Diego Teloni

*Direttore della Fondazione Giacomo Brodolini*

## **PARTE UNO**

### **LE TECNOLOGIE 4.0 APPLICATE A CONTESTI REALI**

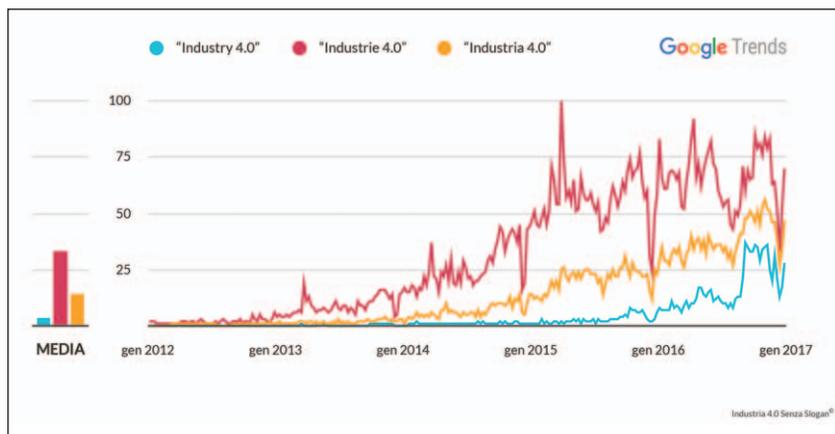


# Cos'è l'Industria 4.0

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).

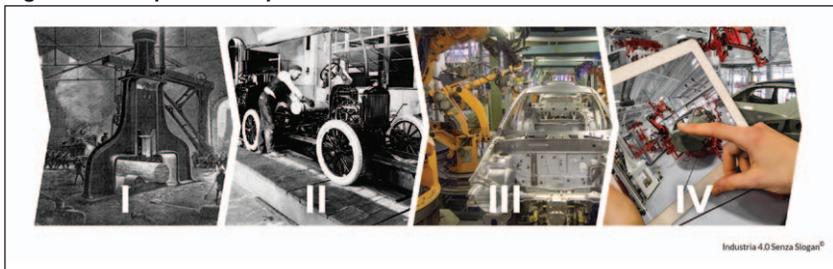
**Figura 1. Grafico dell'andamento delle ricerche effettuate on-line di "industria 4.0"**



Fonte: Google trends

Vittima sacrificale di tale percorso è stato l'**Internet delle Cose (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.

**Figura 2. Dalla prima alla quarta rivoluzione industriale**



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, 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 del-*

*l'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 operare 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 ommesso 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 CIM (Computer Integrated Manufacturing), *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. San-

tochi). 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 sempre più processi cognitivi umani e know-how degli operatori in processi automatici.

### Sviluppare un nuovo dispositivo con Industria 4.0

Trent'anni fa per lo sviluppo di **M.A.R.I.O.** (di cui parleremo nel dettaglio nel capitolo sulla produzione), 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 programmazione 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 (nel 1990) intorno ai 300 milioni di lire di cui oltre un terzo solo per il robot, mentre il costo di APPLE supera di poco i 100 mila euro ed ha funzionalità comparabili.

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

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 potrà prescindere da una formazione dei dipendenti e dall'inserimento di figure altamente professionalizzate.

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

Questo porterà inevitabilmente a dover affrontare un tema molto importante relativo al mercato del lavoro. Scenari apocalittici descrivono l'Industria 4.0 come un mondo in cui l'uomo non esiste e tutte le attività sono svolte dalle macchine. Questi scenari sono lontani dal verificarsi e probabilmente non si verificheranno mai, ma allo stesso tempo si assisterà verosimilmente ad una riduzione del fabbisogno di lavoro di basso livello, che verrà svolto dai sistemi automatizzati, compensata almeno in parte da un aumento del fabbisogno di operatori più capaci e che siano in grado di unire nuove competenze tecniche a maggiori flessibilità e motivazione. Sono in molti a sostenere che ci sarà un crescente bisogno di persone con competenze più alte per svolgere dei nuovi tipi di lavori, necessari ad esempio per progettare i macchinari necessari, per analizzare i dati e per effettuare le simulazioni.

*Altro cambiamento che avverrà nel mercato del lavoro è costituito dallo smart working, e anche in questo caso è difficile stabilire quali saranno le conseguenze (sia positive che negative) della sua introduzione: da un lato ci sarà una maggiore flessibilità per i lavoratori che potranno svolgere le proprie mansioni da remoto, ma dall'altro ci sarà una perdita dei confini dati dall'orario lavorativo, con il rischio di sconfinare nella vita privata del lavoratore. L'Industria 4.0, per concludere, porterà sicuramente a dei cambiamenti sul piano lavorativo che devono essere valutati e affrontati anche a livello di politiche so-*

*ciali, però è anche necessario considerare che non accogliere le tecnologie dell'Industria 4.0 può avere conseguenze ben più gravi, portando ad una perdita di competitività delle imprese (M. Santochi).*

In questo quadro sono in molti ad affermare che l'uomo continuerà comunque 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 mero esecutore di operazioni, assumerà il ruolo di mente pensante con il compito di sfruttare al meglio le tecnologie presenti in azienda controllando in modo integrato macchinari e processi.

### Quali competenze per l'Industria 4.0?

Come già accennato, 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 concentrata 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. Oltre alle competenze tecniche si pone il problema di far acquisire le soft skill necessarie ad interagire nella nuova dimensione aziendale. Il rapporto WEF elenca le 10 abilità principali che si affermeranno entro il 2020.

*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).*

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 possono 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.

### I vantaggi dello smart working

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.

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 *disruptive* 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 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).

### Tecnologie per l’agricoltura di precisione

Contrariamente a quello che si è solitamente portati a pensare, il settore agricolo è stato uno dei primi ambiti in cui le tecnologie ICT si sono inserite in modo significativo. La necessità di gestire vastissimi appezzamenti di terreno e la relativa semplicità dei parametri da analizzare ha consentito di progettare sistemi digitali di gestione delle colture che sono estremamente simili a quelli previsti nell’Industria 4.0. A partire dai primi anni ‘90, tecnologie quali GPS, GIS, GSM, microprocessori, sensori e attuatori, sono stati così applicati al settore agricolo nell’ambito della cosiddetta *precision agriculture*. Attraverso l’osservazione, l’acquisizione e l’interpretazione di dati, l’agricoltura di precisione consente di valutare lo stato delle colture in modo puntuale e costante, fornendo agli imprenditori ed agli operatori gli strumenti e le infor-

Figura 3. Applicazione 4.0 in un vigneto



mazioni necessarie per migliorare la resa agricola. Queste soluzioni permettono di aumentare l'efficienza nelle diverse pratiche agronomiche. Ad esempio, per quanto concerne la densità di semina, queste soluzioni possono determinare le aree da irrigare maggiormente in base alla tipologia di terreno e lo spargimento dei concimi. Inoltre, la possibilità di creare un duale digitale dei campi coltivati, consente agli agricoltori di eseguire le lavorazioni con mezzi a guida autonoma.

L'utilizzo di tecnologie tipicamente 4.0 nel settore agricolo permette inoltre di sviluppare soluzioni più efficienti da integrare ai già esistenti sistemi di protezione delle colture per limitare i danni causati dalla fauna selvatica. Ad esempio, l'applicazione di sistemi di monitoraggio video ("fototrappole") consente l'identificazione dell'avifauna presente e determina l'attivazione di richiami di ansia ed allarme di uccelli della stessa specie oppure i richiami dei loro predatori con il fine di allontanare gli stormi e tutelare i raccolti di maggior valore come l'uva destinata alla trasformazione. Queste soluzioni sono particolarmente vantaggiose nel caso in cui una coltura di pregio sorga vicino ad un'area protetta dove la densità di animali selvatici è elevata e non soggetta a controllo venatorio.

Soluzioni altrettanto innovative possono essere applicate nell'allevamento con sistemi che tengono sotto controllo le aree in cui gli animali si nutrono consentendo quindi, per esempio nel caso dei bovini o degli ovini, di analizzare la quantità e le caratteristiche del latte prodotto alla luce dell'alimentazione del singolo capo di bestiame.

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.

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.



## Come approcciarsi all'Industria 4.0

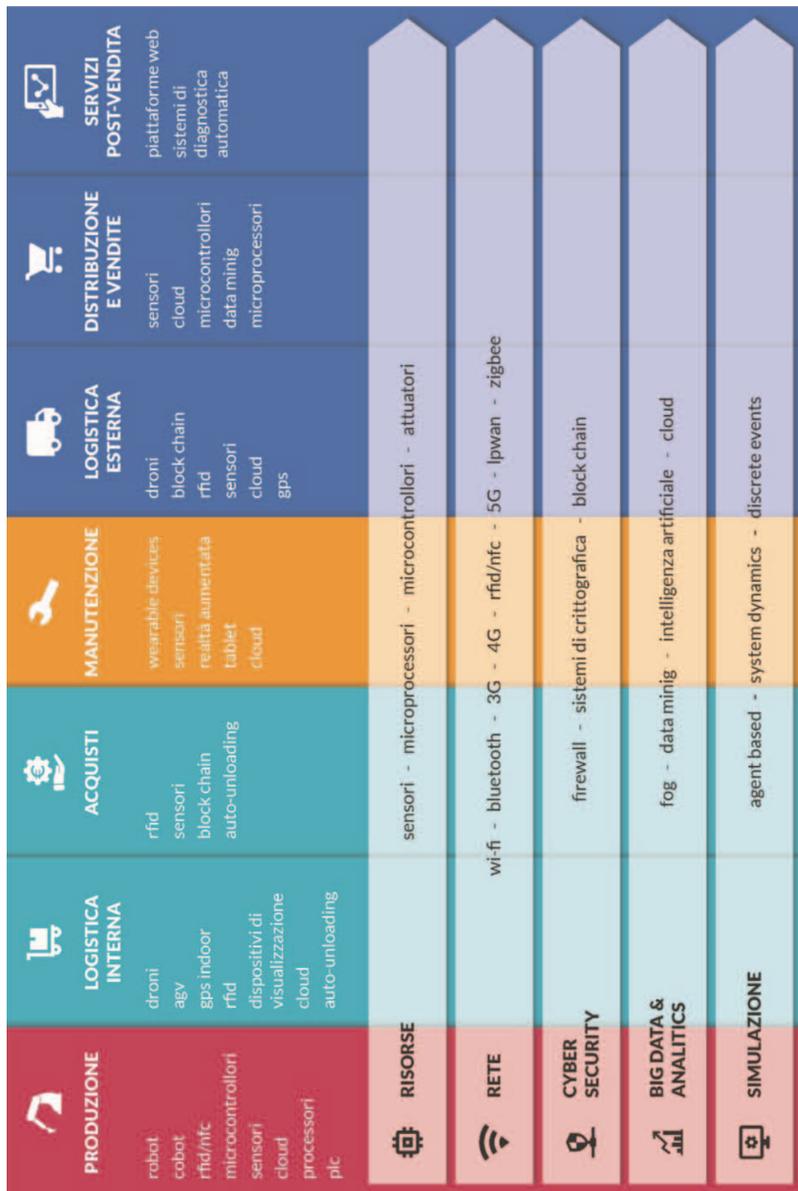
*Con Industria 4.0 si parla di rivoluzione industriale, ma molto spesso ne sentiamo parlare come di una serie di tecnologie per migliorare la produttività. Un aggiornamento tecnologico migliora la produttività dei soggetti e delle filiere esistenti, una rivoluzione industriale, invece, abilita nuovi 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 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.

Figura 4. Framework contenente le tecnologie che caratterizzano Industria 4.0



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

Inoltre *l'ingresso dell'ICT nell'industria implica non solo che le tecnologie debbano essere integrate ma anche, e soprattutto, che funzioni aziendali diverse siano in grado di interagire tra loro e con la complessità dovuta alla combinazione tra i flussi di dati vecchi e nuovi* (G. Iannaccone).

Il *framework* in figura 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 "pompatata" 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 attività 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. Vozzi, 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.

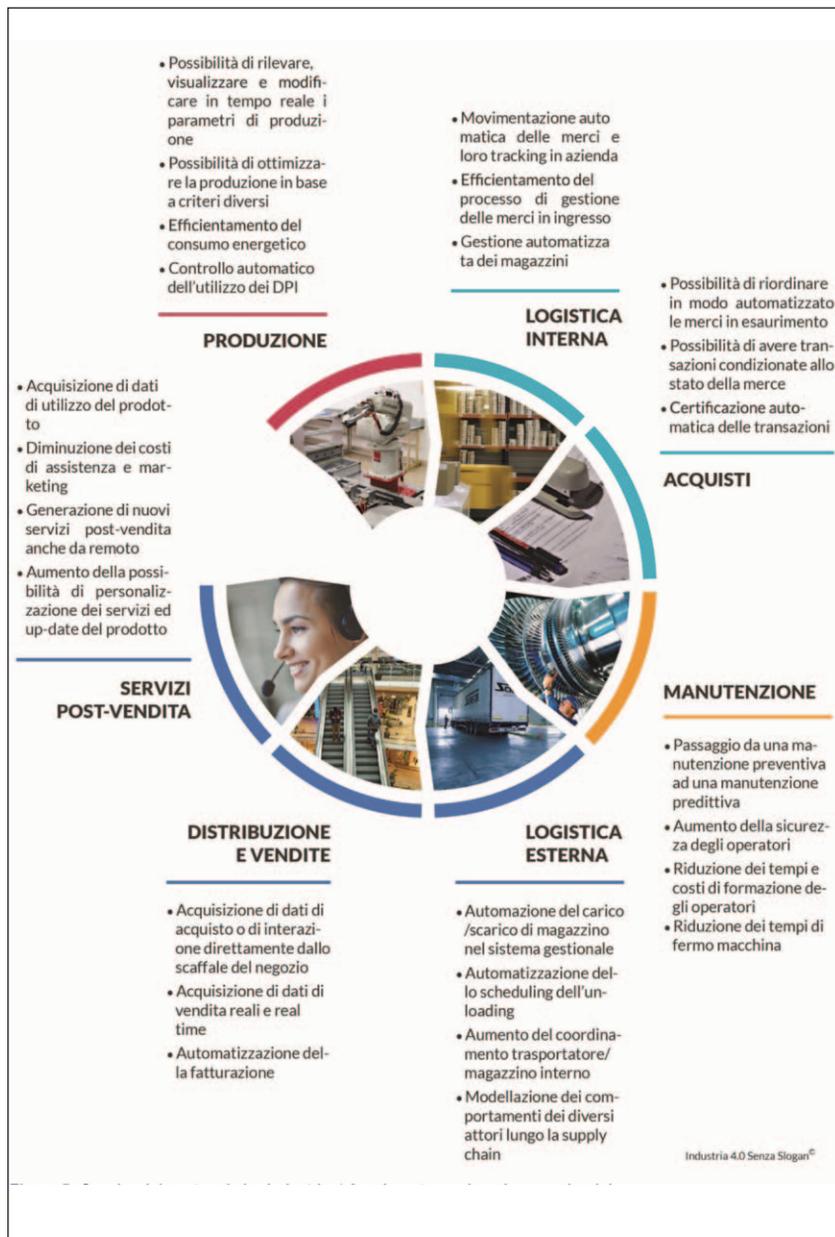
Quindi la chiave di volta non sta solo nell'adozione di nuove tecnologie abilitanti, ma anche, e soprattutto, nella loro integrazione con le tecnologie esistenti. Per fare questo però è necessaria una ridefinizione del modo di lavorare, delle attività necessarie, dell'approccio culturale, che rende l'organizzazione 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 visibile nella Figura 5.

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 uso comune.

Figura 5. Quadro dei vantaggi che Industria 4.0 può portare ad ogni area aziendale



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 comunicati 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 rigidamente 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.

Nel momento in cui le PMI potessero adottare sistemi ICT rigidi come **SAP**, **ORACLE** o come quelli sviluppati nell'ambito dell'Industria 4.0 da grandi player industriali, si troverebbero, per mantenere la loro alta flessibilità, a dover spesso individuare soluzioni per favorire l'integrazione operativa. 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.

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.*

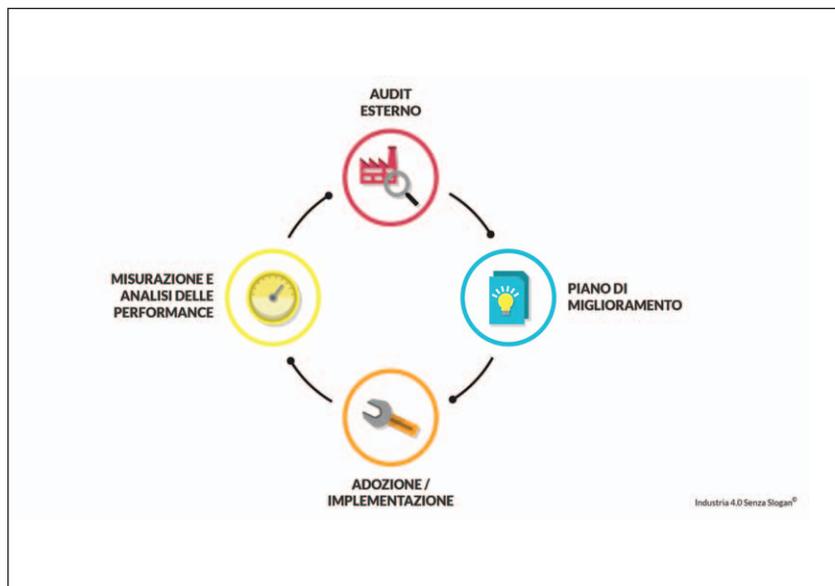
Tutte le imprese infatti sono diverse tra loro, trattano materiali diversi, hanno cicli produttivi diversi, hanno planimetrie diverse, sono formate da persone con *background* diversi. Inoltre la scelta di come declinare la nuova filosofia del 4.0 dipende dalle strategie aziendali e dalla visione del 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. Basti pensare che *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 6 rappresenta la base da cui partire per la realizzazione di strategie orientate all'Industria 4.0 e ricalca approcci consolidati a livello internazionale.

**Figura 6. Percorso di riferimento per l'implementazione dei concetti dell'Industria 4.0**



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 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 misurazione 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.

*In un contesto di rapido cambiamento il policy maker deve dotarsi a sua volta di sistemi "intelligenti" di misurazione del grado di adozione dei paradigmi 4.0 da parte del tessuto imprenditoriale, in modo da sapere dove indirizzare i propri interventi di sostegno e promozione, e per essere in grado di poterne verificare l'efficacia nel breve e medio termine (G. Petrini).*

Ogni intervento di sistema dovrebbe comunque includere strategie mirate e condivise per superare gli ostacoli che si possono incontrare nell'implementare i paradigmi di Industria 4.0 dalle PMI.

*In questo contesto le medie aziende assumono un ruolo chiave di promotori e driver dei nuovi paradigmi nel tessuto produttivo delle piccole imprese che compongono le proprie supply chain (S. Bertini).*

# Produzione

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. Questa innovazione tecnologica nel settore manifatturiero, fortemente connessa con le ICT, sta incrementando ulteriormente le prestazioni dei processi produttivi, riducendone i costi* (G. Campatelli).

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.

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

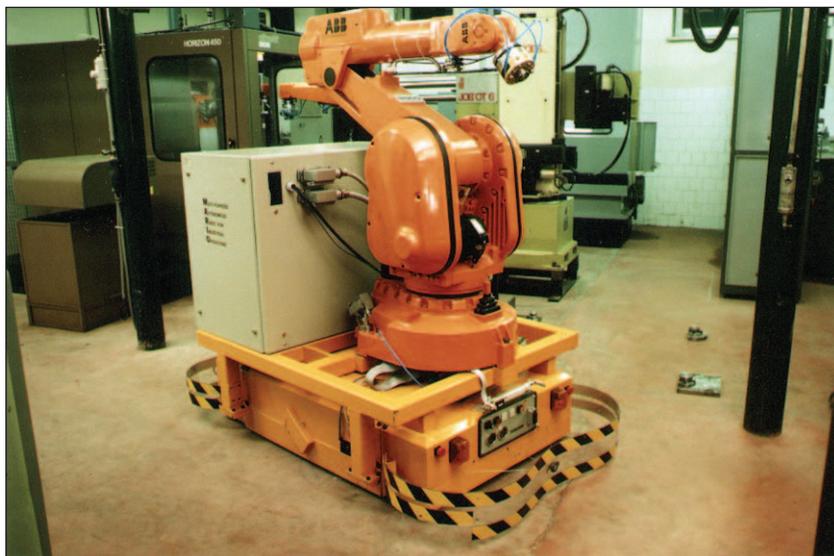
Arduino è un microcontrollore programmabile con il linguaggio C, ma che da alcuni anni è programmabile anche in **Python**, linguaggio molto conosciuto e insegnato anche nelle scuole perché è semplice da imparare e corredato di un'ampia serie di librerie. Arduino si programma facilmente e si può riprogrammare 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.

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 e 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).

Figura 7. M.A.R.I.O. all'opera in uno scenario che imita quello di uno stabilimento (anno 1992, cortesia F. Failli)



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 elevatore 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

Figura 8. Robot Apple (2016)



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\\_O8io](https://www.youtube.com/watch?v=p8rjaO_O8io)

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 in-

tercorre fra una modifica hardware degli impianti o delle macchine e un adeguamento del software.

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>).



## Il ruolo dei cobot nella ri-localizzazione

I *cobot* rientrano nel nuovo paradigma 4.0 solo se messi in condizione di avviare relazioni codificate con gli altri settori aziendali (ad esempio attraverso il trasferimento di informazioni o dati ad altre macchine) e con gli operatori umani che li progettano e con cui collaborano. Seguendo questa linea **Continental**, multinazionale tedesca leader nel settore dei motori, sta investendo in queste tecnologie per migliorare l'integrazione dei *cobot* sulle linee, standardizzare le modalità di collaborazione con il personale, nonché realizzare sistemi automatici ed intelligenti da affiancare ai team alla squadra uomo-robot per ottenere risultati ancora migliori. In questo caso l'implementazione dei nuovi sistemi sta funzionando e ha permesso di invertire un processo che fino a pochi anni fa sembrava inarrestabile, ovvero quello della delocalizzazione produttiva. L'avvenuto *re-shoring* ("ri-localizzazione") delle attività di assemblaggio presso lo stabilimento Continental di Fauglia (Pisa) sarebbe stato infatti impossibile senza l'introduzione, ad esempio, di una innovativa isola in cui quattro operatori e due robot lavorano assieme ottenendo livelli di produttività e qualità di prodotto mai raggiunti prima.

*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. 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).*

## Progettare una consolle di gestione a misura di operatore

Persone diverse hanno diversi modelli di 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.

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.

### 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 invece 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.

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'operaio", e lo stesso ha affermato **BMW** a proposito dei benefici fisici che l'integrazione uomo-macchina porta alla salute dei lavoratori, dicendo che "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".

## 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 serie 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).*

L'Industria 4.0 include anche alcune tecnologie che nella produzione hanno conseguenze interessanti anche per quanto riguarda la sicurezza: l'RFID (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.

## Gli RFID non sono solo in magazzino

I sistemi RFID, per quanto complessi, sono relativamente facili da implementare e costituiscono un costo gestibile anche per realtà medio-piccole, contribuendo così a sfatare il mito che le applicazioni 4.0 richiedano necessariamente investimenti ingenti realizzabili solo da grandi imprese.

Un esempio interessante dell'utilizzo di questa tecnologia è dato da "Calidario Terme Etrusche" (Campiglia Marittima, Livorno) che utilizza braccialetti elettronici per consentire ai propri clienti di usufruire di diversi servizi.

Grazie al braccialetto infatti i clienti non solo possono aprire il proprio armadietto senza la necessità di una chiave, ma possono anche accedere a determinate aree dell'impianto sulla base della tipologia di biglietto o abbonamento che hanno acquistato e in base ai servizi aggiuntivi che hanno prenotato (massaggi, sauna ecc.).

Figura 9. Dispositivo di accesso per gli utenti del “Calidario Terme Etrusche”



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 *bi-direzionale* 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 viene 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.

## 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.

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.

## 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'INAIL (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.

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 antinfortunistiche 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.

Sistemi digitali per aumentare la sicurezza possono essere adottati in moltissimi settori produttivi. In Toscana, ad esempio, grande rilevanza storica ed economica è rappresentata dal settore estrattivo, concentrato nelle cave di marmo bianco di Carrara.

In questo caso l'applicazione di sistemi di rilevamento applicati ai dispositivi di sicurezza individuali apre a nuove soluzioni implementabili sia *outdoor* che all'interno dei siti, anche in sotterranea, consentendo, ad esempio, di conoscere la posizione di tutti gli operatori in caso di incidente.

**Figura 10. Schema di funzionamento del sistema di monitoraggio dell'uso dei DPI**



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 lo spostamento 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 perdere 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 specifica 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 mec-

caniche, termiche, chimiche, a causa della loro recente applicazione e dei nuovi processi di produzione, arrivano sul mercato spesso privi di documentazione (*data-sheet*) 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).

### 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.

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.

### 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 funzionamento 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.

**Figura 11. Refrigeration On Internet (Cortesia, Zerynth)**



## 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 ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) e Nitriti ( $\text{NO}_2^-$ )
- 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 concentrazione di Ammonio ( $\text{NH}_4^+$ ), Nitrati ( $\text{NO}_3^-$ ) e Nitriti ( $\text{NO}_2^-$ ), 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.

Questo 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 12. Monitoraggio del processo di itticoltura**



# Manutenzione

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*).

Partendo da questo schema, *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.

### 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=Jbt2msddFoQ> 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)

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.

## 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.

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.

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.

Figura 13. Mano di un robot che replica le capacità di afferraggio dell'uomo (Cortesia, A. Abrusci)



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

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%).

## 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 per-

ché 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 vengono 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).

**Figura 14. Manutenzione basata sui dati pervenuti dai sensori sulla linea**



## 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 delle procedure di accesso alla documentazione
- Riduzione del tempo necessario per accedere alla documentazione
- Riduzione degli errori effettuati dall'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 anche 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 15. Tecnologie di Semantic Web applicate alla manutenzione**





# Logistica Interna e Acquisti

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 maggiore 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 riduzione 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.

## 4.0 o 3.0?

**Magna Closures** è una multinazionale canadese che si occupa di produrre e assemblare serrature e alzacristalli per aziende automobilistiche del calibro di FCA, Audi, BMW. Gli ordini che riceve da questi committenti sono giornalieri, rendendo le funzioni di gestione dei magazzini e della logistica interna totalmente guidate dall'esterno e quindi molto complesse. In questi casi l'ottimizzazione del magazzino e delle movimentazioni interne diventa una questione nodale e passa attraverso l'adozione di sistemi in grado di mantenere in quei reparti il materiale strettamente indispensabile alle lavorazioni previste. Tutte le innovazioni tecnologiche, dagli RFID (*Radio-Fre-*

quency IDentification) agli AGV (*Automatic Guided Vehicle*), ai sistemi di *visual management*, si sono rivolte al miglioramento di questo aspetto cruciale, che non riguarda solo la logistica interna ma anche le relazioni con i loro fornitori. “Ma questo è 4.0 o è ancora 3.0?” si sono domandati i responsabili dello stabilimento di Guasticce (Livorno). La risposta è che la soluzione messa a punto in Magna Closures è sicuramente efficiente e rapidamente reattiva, ma esistono margini per renderla ancora più proattiva e meglio rispondente al nuovo paradigma. Dalla Germania provengono infatti i primi studi sugli SCEM (*Supply Chain Event Management system*) che dovrebbero essere la risposta a chi cerca soluzioni proattive e in cui gli eventi critici si propagano in maniera automatica a monte e a valle nella *supply chain*.

Tecnologie software come il *Supply Chain Event Management* (SCEM) possono contribuire allo sviluppo della gestione della logistica interna. Lo SCEM permette la gestione degli eventi lungo il processo produttivo di uno stabilimento e/o dell'intera catena logistica. Questo sistema 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.

### 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.

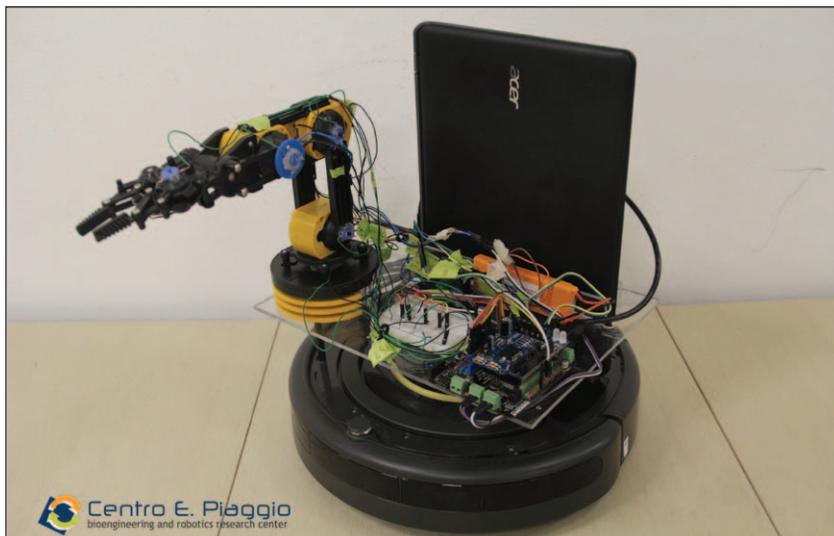


Ad esempio nel successivo video, il CTO di **PSA Peugeot Citroen** racconta i benefici ottenuti con una piattaforma di visual management:  
[https://www.youtube.com/watch?v=l00HK3r\\_Y9c&t=91s](https://www.youtube.com/watch?v=l00HK3r_Y9c&t=91s)

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.

**Figura 16. Prototipo di un AGV con robot provvisto di sistema di afferraggio**



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 posizione del filo e mantenersi centrato rispetto ad esso
- **Magneti:** prevede una serie di calamite inserite nella pavimentazione a distanza ravvicinata o del nastro magnetico disposti 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 della 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).*

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

- **Centralizzato:** La capacità di elaborazione 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.

**Figura 17. Test sull'algoritmo di controllo di una flotta di AGV**



### Flotte di AGV intelligenti e autonomi

Gli AGV nelle architetture a controllo distribuito possono comportarsi come veri e propri sciame 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=rXKPX3Aldgc>

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.

### 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 da utilizzare in situazioni 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, in caso di incidente o di un evento avverso come un 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, in caso di emergenza, di effettuare 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).*

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 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 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 spostamento 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 fi-*

niti 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 18. Test di afferraggio, sollevamento e movimentazione di un oggetto di forma non regolare da parte di un drone**



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 funzioni, 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 seguire per perseguire la digitalizzazione descritto nel secondo capitolo 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.

Figura 19. Gripper a due dita in grado di afferrare oggetti diversi



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 effettuare afferrare i prodotti, i componenti o le materie prime. Quest'ultimo è un punto piuttosto delicato: il *picking* 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.

### 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 competizione 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=elvsmWGa4FQ>

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=U7\\_lxH-qB5I&feature=youtu.be&t=2m44s](https://www.youtube.com/watch?v=U7_lxH-qB5I&feature=youtu.be&t=2m44s)

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

### 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 ma-*

*gazzino, e dunque se l'attrezzatura è stata prelevata o riportata al suo posto, effettuando in automatico il carico 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 attrezzature 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.

**Figura 20. Funzionamento del sistema di tracciatura degli utensili**



## “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

- Efficiamento 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 consegna 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 21. 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 parametri 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 simulazione 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 bot-

**Figura 22. Simulazione utilizzata per studiare e migliorare un processo produttivo**



tiglia 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.

# Fuori dai Cancelli della Fabbrica: Logistica Esterna, Retail e Post-Vendita

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).*

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.

### Industria 4.0 nel settore dell'artigianato

Non tutti i settori sono già pronti per l'ingresso nel nuovo paradigma, ma in tutti i settori si registrano tentativi che vanno in quella direzione e il desiderio di mettere le nuove tecnologie al servizio della creatività. Il settore dell'artigianato nelle sue varie sfaccettature - dall'artigianato artistico e tradizionale alla moda - ci offre una chiara visione di questo sforzo, spesso ripagato. La diffusione delle tecnologie digitali ha infatti già creato nuove opportunità di sviluppo per le aziende artigiane, le quali possono modificare il proprio modello di business grazie all'adozione di nuove tecnologie in azienda.

Un esempio concreto di questa transizione, che non sarebbe stata possibile senza l'accesso alle nuove tecnologie, è rappresentato dall'esperienza del maglificio Dalle Piane Cashmere di Prato che nel 2010 ha intrapreso un percorso di profondo cam-

Figura 23. Industria 4.0 del maglificio Dalle Piane Cashmere di Prato



biamento aziendale passando dal mercato B2B al mercato B2C creando un proprio marchio per commercializzare i propri prodotti su scala internazionale. Grazie ad un rinnovato focus sulla qualità, all'apertura di un *e-commerce* proprietario e alla contestuale collaborazione con Amazon, l'azienda è riuscita a mantenere l'artigianalità della produzione, rivoluzionando però il modello di business ed entrando con successo nel mercato internazionale. La digitalizzazione dei canali distributivi ha consentito all'azienda di modificare anche i processi di produzione andando a ridurre i costi legati alla gestione delle scorte in magazzino e attivando dei sistemi di produzione orientati verso l'approccio *just-in-time*. L'introduzione dell'*e-commerce*, principale strumento di vendita, ha inoltre permesso il miglioramento della logistica delle consegne e consentito ai clienti di monitorare in tempo reale lo stato della spedizione, con un effetto positivo sulla credibilità aziendale.

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).*

## 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 gara 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).*

## La blockchain nell'agroalimentare

Grazie alla possibilità di tracciare le singole fasi di produzione, la tecnologia delle blockchain può contribuire a innovare profondamente anche altri settori, quali ad esempio l'agricoltura o l'agroalimentare. La *blockchain* permette infatti di certificare in maniera incontrovertibile l'origine di un certo quantitativo, si immagini, di olive prodotte da un agricoltore, partendo da informazioni certe quali la dimensione del terreno e il numero di alberi posseduti. In tal modo l'informazione può diventare incontrovertibile se il raccolto è congruo rispetto a tali parametri o se, al contrario, ci sono olive la cui provenienza non può essere accertata per quel produttore. Lo stesso ragionamento vale anche per le fasi successive: la *blockchain* permetterà di controllare e certificare che la quantità di olive utilizzate non permetta la resa di quantitativi di olio inattesi ed improbabili, riducendo quindi la possibilità di frodi e contraffazioni e tutelando sia le aziende produttrici che i consumatori. Un meccanismo simile può essere adottato a molti altri beni primari e relativi processi di trasformazione fra cui spicca una delle eccellenze italiane, il vino, il cui settore e i cui consumatori potrebbero giovare enormemente di un sistema di certificazione così certo e sofisticato.

Figura 24. Possibile utilizzo delle blockchain nell'agroalimentare



### 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 stato 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 le *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 anticontraffazione, 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 25. 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 reali ovvero costruisce un modello astratto coerente con il comportamento reale del sistema (G. Vaglini).

*Dal punto di vista gestionale, il Process Mining permette di effettuare agilmente attività altresì molto onerose in contesti ad alta complessità quali ad esempio il process discovery, conformance checking e process analysis con riferimento sia ai processi interni sia a quelli esterni (coreografie di processo).*

*Inoltre, a valle delle attività di process discovery, il linguaggio Business Process Model and Notation (BPMN) rende possibile ottenere una mappa reale del processo comprensibile a tutti gli stakeholder. La metodologia abilita infine l'individuazione di eventuali deviazioni rispetto al modello di processo desiderato ed analisi dinamiche delle prestazioni dei processi (D. Aloini).*

### 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 rappresentazione 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.

In fine la mappatura inserita in un software di simulazione permette di visualizzare e valutare i comportamenti 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.

*Un passo ulteriore che il 4.0 permette di fare nella gestione dei processi lungo la supply chain è la simulazione del workflow dei processi. 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 applicazioni, 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).

## 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 al tipo di cliente che la sta guardando al momento.

### 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 tra negozio e potenziale cliente. Rende visibile al mondo quello che il punto vendita contiene, ed è un fattore importante per la scelta di un passante di entrare nel punto vendita o di 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: nel caso specifico la vetrina può far vedere ai passanti per più tempo una collezione di orologi maschili e delle *parure* più giovanili negli orari di uscita degli uffici, mentre può mostrare per più tempo delle *parure* più eleganti durante il pomeriggio, quando le signore parigine escono e si incontrano per prendere un the

**Figura 26. Espositori rotanti che rendono 4.0 la vetrina di una gioielleria (Cortesia, Zerynth)**



- 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 permettono 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 sensori 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 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 servizi 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.

### 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 diventato 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.

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 velocizzare 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 importanti tipologie di dati social da cui si può estrarre preziosa conoscenza. In particolare, *le 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 le parole chiave utilizzate per descrivere alcune tecnologie utilizzate per l'analisi dei flussi di informazione nei *social media*.

## 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 situazioni contabile, e propone l'acquisto di accessori, di formazione e di servizi di assistenza.

Figura 27. Esempio reale di una piattaforma per servizi post-vendita (cortesia, Net7)

The screenshot displays a professional website for 'MACHINERY+'. The navigation bar includes 'HOME', 'MY EQUIPMENT LIST', 'DOCUMENTATION', 'PRODUCTS', and 'SPARE PARTS E-SHOP'. A hero banner features a close-up of a metallic filter press component with the heading 'Electroplating' and a descriptive text box: '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'. Below the banner, the 'Featured products' section lists four models: Chamber Filter Press SPK63, SPK47, SLP30, and SLP25, each with a brief description and a 'Show details' link. A 'NEWS' sidebar on the right contains three articles: 'Rapeseed oil production', 'Electroplating', and 'Rock/Stone dust', each with a short introductory paragraph. The footer shows the '2016 MACHINERY+' logo and a social media icon.

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. Questo 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.

# Tecnologie di Supporto all'Adozione del 4.0 in Azienda

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 4 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 economica 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 attraverso 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 tecnologie, 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. In particolare, 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).*

### Non solo macchine

I parametri delle linee di produzione, come ad esempio l'illuminazione, 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.

Oltre al monitoraggio e alla riduzione dei consumi inerenti ai processi produttivi però, Industria 4.0 può apportare benefici nell'incremento dei livelli di *performance* e di funzionalità in altri ambienti, quali edifici civili, pubblici e privati. Grazie all'utilizzo non soltanto di materiali innovativi, ma anche di sistemi e impianti di monitoraggio automatico, nonché di soluzioni *cloud* che consentono di impostare le condizioni ambientali preferite, è possibile ridurre l'impatto ambientale e il consumo energetico degli edifici.

Figura 28. Monitoraggio delle condizioni ambientali di un edificio



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 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 ridurre i consumi energetici fino ad arrivare a due cifre percentuali.

## 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.

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 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.

Il riutilizzo ed il recupero di sottoprodotti 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.

## Un altro concetto di risorse inutilizzate e recupero di efficienza

Anche nel settore dei servizi si ritrova il concetto di "risorsa inutilizzata", comparabile per molti aspetti a quello dello scarto di produzione. Le tecnologie 4.0 anche in questo caso possono venire in aiuto per trasformare tali risorse in un'opportunità di riuso e messa a profitto. Si pensi ad esempio alla possibilità concessa dalle nuove tecnologie ad un villaggio turistico di incrociare in *real-time* i dati sulle prenotazioni per un corso organizzato dallo staff della struttura rispetto al numero di clienti presenti e

non iscritti a nessun'altra attività. Il sistema potrebbe, dopo aver registrato l'"inefficienza", comunicare direttamente ai clienti attraverso un sistema di *instant messaging* la disponibilità di posti per il dato corso, magari ad un prezzo promozionale last-minute, provando così a ottimizzare i ricavi derivanti da un servizio che, se inventato, costituirebbe comunque un costo per la struttura.

*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 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. Immaginatoci le produzioni in cui si manipolano esplosivi, materiali infiammabili, materiali tossici: la diminuzione del ma-*

*teriale 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

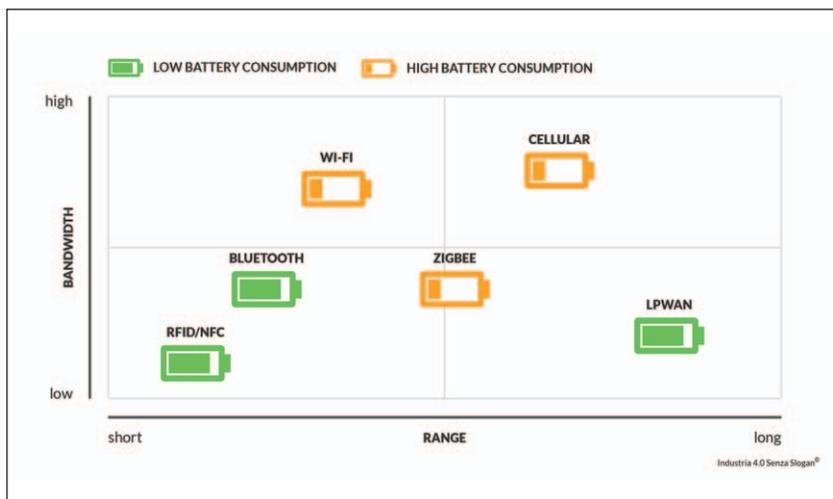
La possibilità di trasferire dati e creare sistemi di comunicazione di ultima generazione è un elemento fondante di industria 4.0, come si è potuto evidenziare in ogni caso trattato. La comunicazione avviene tra aziende, tra impianti, tra operatori e macchine, tra dispositivi, e con modalità che variano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

*Il 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. 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 (A. Toccafondi).*

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 Figura 29 è possibile avere una panoramica delle tipologie di protocolli di comunicazione *wireless* più utilizzati e delle loro principali caratteristiche.

**Figura 29. Panoramica dei principali protocolli di comunicazione wireless e delle loro caratteristiche (larghezza di banda; copertura; consumo)**



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.

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.

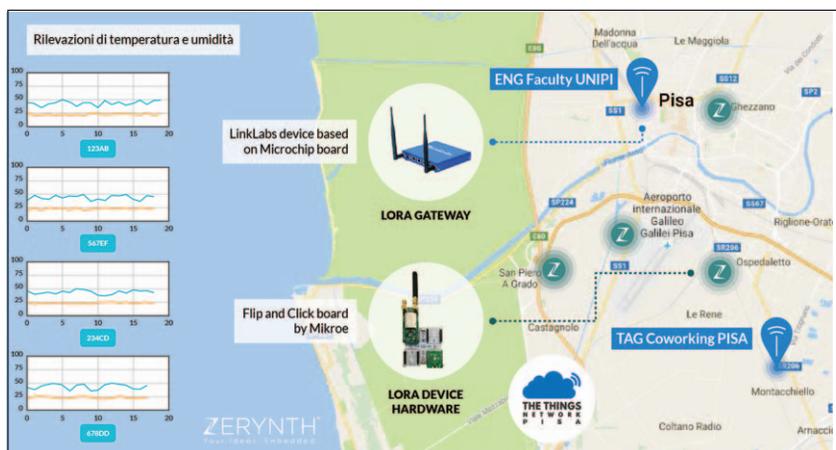
*Per fare un parallelismo, 10 anni fa era impensabile guardare un film su internet, ma adesso, grazie alle nuove tecnologie, è una cosa normalissima. Infatti se lo sviluppo delle reti ha consentito ad aziende come Netflix di sviluppare il proprio modello di business; allo stesso modo il 5G permetterà 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 pian 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 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 e attuatori, le reti LPWAN ed in particolare le reti **Long Range (LoRa)** e **SigFox** la faranno da drone.

**Figura 30. Test sull'installazione di una rete LoRA svolto durante l'Internet Festival 2016 a Pisa (Cortesia, Zerynth)**



### 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.

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 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.

## 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.

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

## 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 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 valutazione 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 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

### 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 password 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.

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. 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 proteg-

gere 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 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 il modo 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.

## **Big Data & Analytics**

I dati rappresentano oggi il maggior agente trasformativo della società e delle imprese. Sono a tutti gli effetti la materia prima di una nuova rivoluzione industriale appena iniziata, la trasformazione digitale, in cui siamo immersi e di cui facciamo ancora fatica a comprendere la natura e l'impatto. 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 sotto-sistemi 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.

## La comunicazione prodotto-processo-progettazione

Rilevare dati e estrarne informazioni non è sufficiente per affrontare la transizione verso il nuovo paradigma: occorre saperli valutare e trasmettere. Gli aspetti di condivisione delle informazioni (nella catena logistica, ma anche all'interno dell'azienda) e di accesso alle stesse vanno sicuramente commisurati all'equazione "troppa informazione = nessuna informazione". È da questa criticità che è nata la domanda di base posta da **Pierburg Pump Technology** (multinazionale tedesca che opera nel settore *automotive*) riguardante la comunicazione "prodotto - processo - progettazione". Nella sede di Livorno Pierburg Pump Technology possiede uno stabilimento produttivo altamente automatizzato con un controllo *real-time* della produzione e con sistemi di gestione, elaborazione e distribuzione del dato immediata verso i MES (*Manufacturing Execution System*). I dati trasmessi, dopo essere stati sintetizzati e validati dall'area produzione, vengono condivisi a cadenza settimanale con l'area Progettazione e con la Ricerca e Sviluppo. Questo ciclo, della durata di 5 giorni, è due ordini di grandezza più rapido del ciclo di "sviluppo-prodotto" classico del mondo dell'*automotive*, consentendo quindi all'area progettazione di vedere, quasi in *real-time*, informazioni che, in imprese tradizionali, richiedono tempi di metabolizzazione intrinsecamente più lunghi.

Non si deve poi sottovalutare il fatto che la comunicazione "prodotto-processo" include anche la capacità di gestire i ritorni dal campo, le indicazioni che provengono dall'assistenza tecnica, l'emersione di *failure* e la loro gestione (attività che sta assumendo sempre più il carattere di obbligatorietà anche per i fornitori di componenti per autovetture - vedasi ISO/TS 16949). Per gestire in maniera corretta e proattiva gli errori e gli eventi che accadono occorrerebbe implementare processi di ascolto efficaci, promuovere le attività di consolidamento del *know how* in *lessons learned* e alimentare il PLM (*Product Lifecycle Management*) aziendale in maniera bidirezionale.

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 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 erranee o non estrarre solo informazioni banali. Sebbene l'intervento umano sia pertanto sempre richiesto, l'applicazione di tecniche di *data mining* fanno tipicamente emergere 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 disponibilità 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. 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).*

### 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.

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.

### 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 au-

tomatizzato (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.

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 comportamento 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.

I tre approcci implicano rilevazioni, modellazioni, e quindi risultati diversi perciò, per un uso efficiente delle risorse, è ragionevole spendere del tempo nella definizione e nella scelta del metodo che meglio si adatta al caso specifico. Questo per non rischiare di dover personalizzare un approccio che non si rivela essere il più appropriato.

In alternativa i tre metodi di simulazione possono essere combinati per ottenere una simulazione sartoriale che riesca a rispondere perfettamente alle esigenze della singola impresa con sforzi di modellazione medio/bassi.

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.

## Come sfruttare i sistemi di simulazione

I tre i 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).

E' necessario dunque unire la parte algoritmica con un 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 divengano 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 rendere 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

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* (S. Saponara): 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.

### 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.

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 estrarre 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 raccogliere tutti i dati e inviarli al Cloud perché vengano processati (al centro della rete)* (A. Cisternino).

*Con Industria 4.0 non si deve parlare solo di tecnologie abilitanti, ma anche di cambiamento organizzativo, che risulta essere la leva più difficile da manovrare. Si parla di sensing enterprise con sensori, dati e connessioni integrati in un'ottica people-centred. Va detto però che tale prospettiva non ha solo implicazioni interne all'impresa, ma coinvolge l'intero ecosistema di business. Ciò richiede di sviluppare anche una capacità di intelligence strategica che le PMI spesso non hanno* (A. Martini)

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.



## Quanto Costa e Quanto Rende

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.

### 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.

Tuttavia, investimenti di questo tipo possono stravolgere tutti gli aspetti che riguardano la vita delle aziende e non sempre risultano la soluzione strategica-

mente 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 sistemi 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 importanti 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 customizzazione di soluzioni già esistenti.

### 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.

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/ser-

vizi 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 posposto in attesa di tempi migliori.



**PARTE DUE**

**LE FONDAMENTA  
DELLA RIVOLUZIONE DIGITALE**



# Le fonti del modello

Vengono di seguito presentate le fonti del modello di valutazione del grado di maturità delle imprese rispetto alle tecnologie tipiche dell'Industria 4.0. Il modello si basa infatti principalmente sulla **norma DIN SPEC 91345:2016** e sul modello **Industrie 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies** (acatech STUDY, 2017). Nei paragrafi seguenti saranno analizzati sia i punti di contatto tra il modello e le fonti citate, sia i punti rispetto ai quali il modello proposto si differenzia.

## Norma DIN SPEC 91345:2016

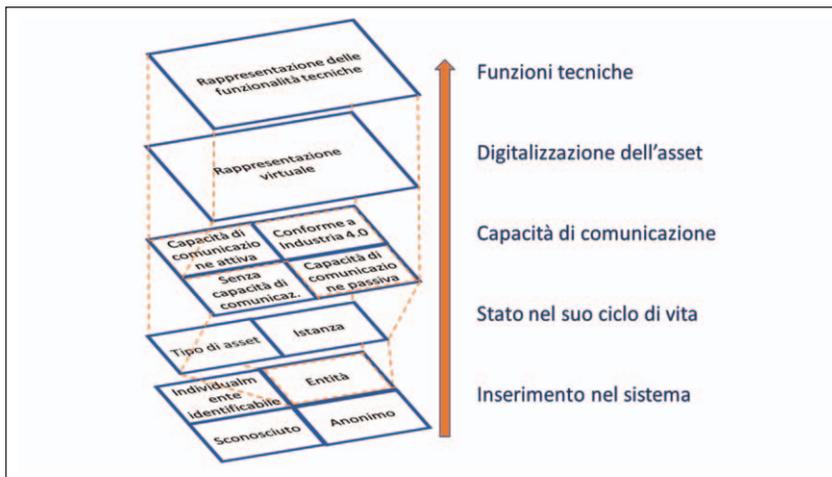
La norma DIN SPEC 91345:2016 rappresenta il primo tentativo di standardizzazione e di sistematizzazione del paradigma di Industria 4.0 attraverso lo sviluppo di un'architettura di riferimento: il **Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)**.

Il concetto centrale della norma è quello di **Asset**, ovvero di elemento che contribuisce a creare valore per l'azienda, sia esso materiale o immateriale. Ed è proprio sul concetto di asset che si struttura il passaggio dal mondo fisico ad un mondo virtuale dove il componente reale è collegato al suo duale digitale. Tutti gli asset appartenenti al mondo fisico infatti diventano "componenti" di Industria 4.0 se questi vengono rappresentati correttamente nel mondo digitale. In realtà però la rappresentazione di un asset nel modo digitale, per vincoli del mondo reale, non potrà mai essere completamente realizzata, quindi non assisteremo mai ad un vero e proprio duale digitale, ma è più opportuno parlare di "ombra digitale", ovvero una rappresentazione più precisa possibile, quasi completa dell'asset.

Il percorso che consente di tradurre un asset fisico nel suo duale digitale comprende diverse fasi e prende in considerazione una serie di elementi fondamentali per la comprensione del framework normativo. Tale percorso è rappresentato nella Figura 31 e descrive, dal basso verso l'alto, le variabili che consentono ad un'azienda di

avere una raffigurazione completa e strutturata degli aspetti critici che impattano sulla digitalizzazione delle aziende.

**Figura 31. Livelli di digitalizzazione di un asset (Fonte: rielaborazione norma DIN SPEC 91345:2016)**



Nel dettaglio abbiamo:

- **Inserimento nel sistema:** ovvero il ruolo che un asset può assumere all'interno del sistema informativo. In particolare un asset può essere: **sconosciuto** (l'asset non è identificato), **anonimo** (l'asset è identificato come appartenente ad un gruppo più ampio ma non singolarmente - Es. una vite in un contenitore con altre viti solitamente si identifica come gruppo), **individualmente identificabile** (l'asset è identificato singolarmente sulla base di informazioni specifiche riferite al singolo oggetto - Es. un giraviti in un contenitore con altri giraviti può essere identificato singolarmente sulla base di un apposito nome assegnato al singolo giraviti) ed **entità** (l'asset è identificato singolarmente e integra oggetti che a loro volta sono identificati singolarmente).
- **Stato nel suo ciclo di vita:** un'entità contiene informazioni sul tipo di asset, cioè sulla tipologia di asset preso in considerazione, oppure sull'Istanza ossia sulle informazioni specifiche del singolo asset digitalizzato.
- **Capacità di comunicazione:** Gli asset materiali possono assolvere funzioni diverse; possono svolgere compiti materiali e possono trasmettere informazioni grazie all'integrazione di tecnologie che offrono la possibilità di usare sistemi di

comunicazione digitale. L'analisi delle capacità di comunicazione ci consente di individuare diverse tipologie di asset: **senza capacità** di comunicazione, con capacità di comunicazione **passiva** (es: RFID passivi, barcode, ecc.), con capacità di comunicazione **attiva** (microcontrollore, microprocessore, ecc.) e **conforme** a Industria 4.0 (quando l'asset integra capacità di comunicazione ad unità hardware e software. In questo caso l'asset prende il nome di **Componente I4.0**).

- **Digitalizzazione dell'asset:** Un asset può essere rappresentato nel mondo virtuale, che può contenere anche tutti i dati e le proprietà che caratterizzano lo stesso asset.
- **Funzioni tecniche:** L'ultimo livello è quello in cui un asset nel mondo virtuale viene rappresentato anche attraverso le sue effettive funzionalità tecniche.

Riassumendo l'Asset, per essere conforme al modello di riferimento di Industria 4.0 (RAMI4.0), deve contenere una parte software e hardware ed inoltre tutte le componenti dell'asset devono essere identificate ed amministrare singolarmente nel sistema informativo attraverso una codifica con capacità di comunicazione.

La gestione dell'asset nel sistema informativo avviene facendo leva sui "Componenti I4.0" i quali, oltre all'asset stesso, includono l'*Administration shell*, ovvero la dimensione gestionale del componente digitalizzato. L'*Administration shell* è composto da due parti: l'intestazione che contiene le informazioni per identificare l'asset all'interno del sistema di Industria 4.0 ed il corpo che contiene le diverse proprietà e funzioni che l'asset può assolvere.

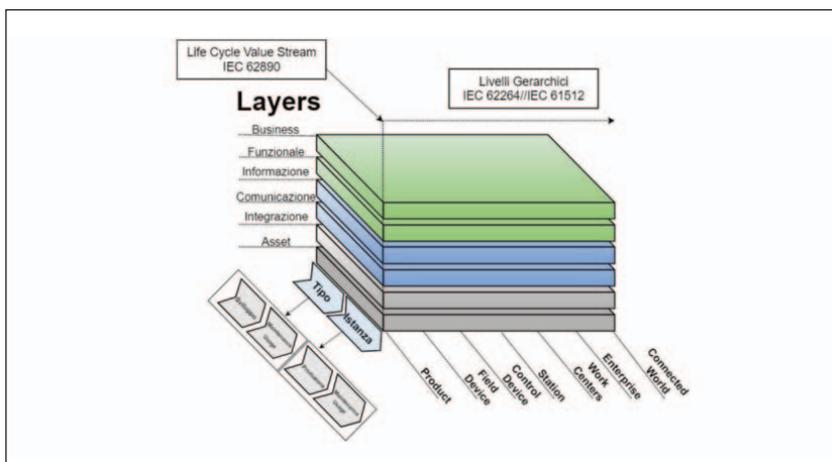
Seguendo l'impostazione fin qui descritta la norma fornisce le specifiche da soddisfare per conformarsi ad un modello standard di Industria 4.0 basandosi principalmente sulla realizzazione e gestione dell'ombra digitale degli assets all'interno dell'azienda.

Il componente di Industria 4.0 è definito come partecipante a un sistema di Industria 4.0, univocamente identificabile e in grado di comunicare, composto quindi da un administration shell e da un asset dotato di connessione digitale. Esso può essere un intero sistema di produzione, una singola macchina o stazione o un modulo all'interno di una macchina, sta quindi a chi studia il sistema l'onere di comprendere qual è il livello di dettaglio a cui è necessario arrivare per implementare soluzioni 4.0.

L'architettura di riferimento della norma è basata su un modello a tre dimensioni che prende in considerazione asset materiali o immateriali dell'azienda lungo l'intera catena del valore proponendo una rappresentazione tridimensionale nella quale gli assi corrispondono rispettivamente a:

1. **Layers:** Rappresentano i diversi livelli di digitalizzazione delle informazioni che sono rilevanti per gli asset materiali e immateriali di un'azienda. I Layers costituiscono un adattamento e un'estensione dello Smart Grid Architecture Model (SGAM), già elaborato a livello europeo
2. **Livelli gerarchici:** Consentono di assegnare alle informazioni un certo livello di rilevanza all'interno del modello. Essi sono ispirati agli standard IEC 62264 e IEC 61512 riferiti rispettivamente all'integrazione dei sistemi di controllo aziendali ed al controllo dei lotti di produzione e sono stati adattati aggiungendo Product, Field Devices e Connected World, per riflettere la maggiore estensione di Industria 4.0 rispetto al quadro di controllo industriale convenzionale
3. **Life cycle & Value stream:** Descrive un asset a un certo punto del suo ciclo di vita, dalla produzione allo smaltimento. È basato sulla bozza di IEC 62890

**Figura 32. Rappresentazione dell'architettura di riferimento industria 4.0**



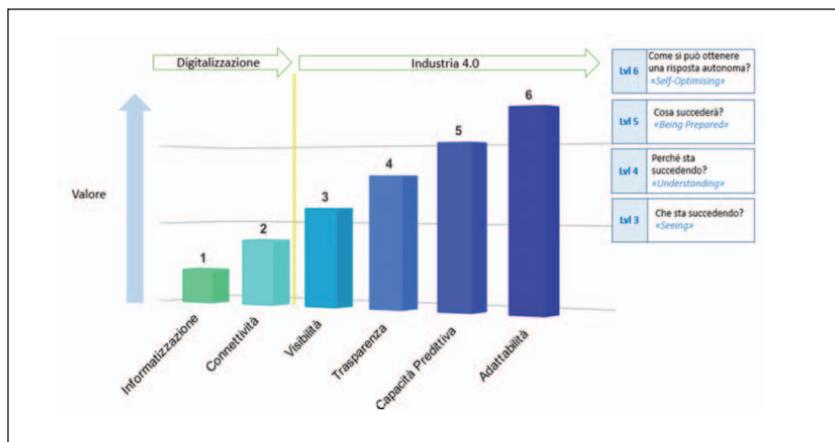
Fonte: rielaborazione reference architecture model industrie 4.0 - rami 4.0

In conclusione la norma DIN SPEC 91345:2016 ci permette di avere un quadro complessivo di come devono essere gestiti gli asset (nella loro rappresentazione digitale) per sviluppare soluzioni 4.0 conformi al paradigma formale e strutturato.

## Acatech Study

Lo studio acatech (Aprile 2017) descrive uno strumento per aiutare le imprese manifatturiere a misurare l'attuale livello di maturità rispetto al paradigma 4.0 e costruire il proprio percorso per diventare un'azienda "agile"<sup>1</sup> e capace di apportare cambiamenti in tempo reale. Il modello è stato il riferimento per organizzare le domande dei questionari presenti nel modello e progettare il sistema di visualizzazione dei risultati (radar). Lo studio acatech valuta l'impresa su 6 livelli distinti in due macro-fasi: la digitalizzazione e l'Industria 4.0, come raffigurati nella figura seguente.

Figura 33. Fasi dello sviluppo di Industria 4.0



Fonte: rielaborazione acatech STUDY, 2017

I livelli rappresentano stadi successivi del percorso che le aziende dovranno intraprendere per implementare correttamente il paradigma di Industria 4.0 e sono:

1. **Informatizzazione:** presenza di tecnologie informatiche isolate (es: macchina a controllo numerico) per rendere efficienti azioni ripetitive e aumentare l'accuratezza dei prodotti.

---

1. L'espressione "agile" fa riferimento ad una nuova metodologia di sviluppo del *software* nata nei primi anni 2000 e basata su un approccio meno strutturato rispetto ai modelli a cascata tradizionali. L'obiettivo è quello di consegnare al cliente moduli SW funzionanti, documentati e testati di frequente e in tempi brevi. Per ottenere ciò lo sviluppo è iterativo e incrementale, la pianificazione adattiva, e il coinvolgimento del cliente diretto e continuo.

2. **Connettività:** presenza di elementi di connettività di sistemi e impianti. Tuttavia manca una completa integrazione tra Tecnologia Operativa (OT) ed Informatica (IT).
3. **Visibilità:** presenza di sensori per l'acquisizione dei dati da tutti i processi. Si comincia a parlare di "ombra digitale" che consente di raffigurare e monitorare ciò che accade all'interno dell'azienda.
4. **Trasparenza:** utilizzo di tecnologie per l'analisi dei dati (es: tecnologie semantiche) finalizzate a comprendere le interazioni presenti tra gli elementi dell'ombra digitale.
5. **Capacità predittiva:** adozione di tecnologie per individuare e simulare gli scenari futuri più probabili allo scopo di anticipare gli eventi e implementare misure idonee in tempi utili.
6. **Adattabilità:** automatizzazione del processo decisionale. L'onere di prendere alcune decisioni, nei casi in cui l'intervento umano è sostituibile, viene attribuito al sistema IT.

Il modello acatech consente di tracciare in modo chiaro la linea di confine tra Industria 3.0 e Industria 4.0. Il punto di transizione si trova fra il livello 2 ed il livello 3, dove le informazioni digitali sono integrate, rese intelleggibili ed utilizzate dalle diverse funzioni aziendali.

Il modello acatech valuta ogni funzione aziendale sulla base di 4 **aree** strutturali: **risorse**, **sistemi informativi**, **cultura** e **struttura organizzativa** (vedere Figura 34). Ciascuna area è valutata sulla base di due **principi** (rappresentati sugli assi ortogonali). Ogni asse è a sua volta scomposto e dettagliato in sottoparametri da valutare separatamente e che, opportunamente integrati, restituiscono una valutazione sullo stadio di maturità.

Poiché l'obiettivo del modello acatech resta quello di misurare ciascuna area, piuttosto che fornire indicazioni su ciascun principio, gli stadi di maturità dei due assi sono combinati per fornire una valutazione complessiva dell'area strutturale assegnandole un punteggio da 1 a 6 e posizionandola in uno dei 6 livelli del percorso di sviluppo illustrato precedentemente. I risultati del modello vengono visualizzati attraverso sei cerchi concentrici che rappresentano i singoli livelli.

### Area Risorse

L'area "risorse" si riferisce a risorse tangibili e fisiche. Queste includono la forza lavoro dell'impresa (risorse umane), macchinari e attrezzature, strumenti, materiali e il prodotto finito (risorse tecniche).

Figura 34. Rappresentazione delle aree strutturali del modello acatech



Fonte: rielaborazione acatech STUDY, 2017

L'area risorse si suddivide in due assi: "Capacità di digitalizzazione" e "Comunicazione strutturata".

### Asse 1: Capacità di digitalizzazione

Le risorse, siano esse umane o tecniche, devono essere capaci di sfruttare dati e informazioni per supportare il processo decisionale. Per soddisfare questo principio l'asse "capacità di digitalizzazione" si declina in 3 parametri:

- **Competenze digitali:** includono sia le competenze informatiche di base diffuse che quelle funzionali all'evoluzione culturale di dipendenti e direzione (*management*).
- **Acquisizione di dati mediante sensori e attuatori**<sup>2</sup>: si riferisce alla capacità delle risorse in termini di acquisire dati (da elaborare) e di comunicarli al sistema.
- **(Pre)elaborazione decentralizzata dei dati forniti dai sensori:** intesa come la capacità di pre-elaborare i dati raccolti così da fornire al sistema centrale dati già analizzati evitando di congestionare quest'ultimo nel processare tutti i dati raccolti.

### Asse 2: Comunicazione strutturata

L'asse "comunicazione strutturata" valuta come le tecnologie di comunicazione consentano una efficace interazione tra le risorse in gioco. L'asse si divide in:

- **Comunicazione efficiente:** fa riferimento alle modalità con cui le informazioni vengono codificate, tracciate e utilizzate nella comunicazione tra le risorse. I sistemi IT di *groupware* aziendali ne sono alla base.
- **Progettazione di interfacce *task-based*:** includono le soluzioni che supportano l'uomo nel visualizzare i processi e permettono ai sistemi cyber-fisici di scambiare informazioni e attivare transazioni.

---

2. Un attuatore non svolge la funzione di raccolta dati (funzione caratteristica di un sensore). Ciò nonostante esistono casi in cui è necessario un attuatore per il corretto funzionamento di un sensore. Ad esempio un RFID attivo è assimilabile ad un attuatore fatto funzionare da una pila, mentre un RFID passivo è un attuatore azionato da un campo esterno (fornitogli dall'antenna che rileverà poi il segnale prodotto dall'attuatore stesso). L'antenna è da considerarsi un sensore in entrambi i casi precedenti, ma nel secondo caso svolge anche la funzione di attuatore per l'RFID passivo fornendogli energia elettromagnetica.

## Area Sistemi informativi

I sistemi informativi sono sistemi socio-tecnici che preparano, elaborano, archiviano e trasferiscono i dati e le informazioni provenienti da individui, macchine, prodotti e altri sistemi informativi. L'architettura del sistema informativo deve consentire il collegamento e l'interazione biunivoca tra sistemi IT, nonché la fruizione di dati e informazioni che saranno alla base di decisioni autonome ed informate. L'Area si divide negli assi "Elaborazione delle informazioni" e "Integrazione".

### Asse 1: Elaborazione delle informazioni

L'elaborazione delle informazioni prevede l'aggregazione di dati con lo scopo di creare informazioni e fornire materiale a supporto dei processi decisionali. L'asse si struttura in:

- **Analisi automatica dei dati:** si riferisce alla presenza di sistemi in grado di aggregare dati per produrre informazioni utili. Include la previsione di eventi futuri e l'auto-apprendimento, basato su simulazioni o regressioni (quali, ad esempio, il "*condition monitoring*").
- **Distribuzione di informazioni contestualizzate:** riguarda la disponibilità di sistemi in grado di fornire un set di dati e informazioni che siano rilevanti rispetto ad un certo contesto (ad esempio, informazioni su di una spedizione unite ai dettagli sulla manutenzione).
- **Interfacce utente dedicate:** presenza di interfacce il cui formato e contenuto sono adattati ai compiti e al livello di competenza di chi ne usufruisce.
- **Infrastruttura IT resiliente:** presenza di un'infrastruttura costantemente aggiornata e sicura che preveda sistemi di *backup* e *software* in grado di rendere i dati siano sempre sempre facilmente fruibili.

### Asse 2: Integrazione

L'integrazione garantisce l'utilizzo di dati condivisi lungo la catena del valore. Il suo scopo è quello di collegare i sistemi IT per facilitare l'accesso e l'utilizzo dei dati. L'asse Integrazione si divide in:

- **Integrazione orizzontale e verticale:** riguarda la presenza di sistemi IT che permettono a tutti gli utenti di accedere a tutte le informazioni sulle attività aziendali grazie anche alla creazione di DB comuni.
- **Interfacce dati standard:** presenza di interfacce comuni che consentono a tutti gli utenti di accedere a dati e informazioni attraverso l'uso di un'infrastruttura comune.

- **Governance dei dati:** si riferisce alla definizione delle modalità con cui l'impresa elabora, archivia e presenta dati ad elevata qualità ed affidabilità.
- **Sicurezza IT:** riguarda la presenza di sistemi che garantiscono un'adeguata protezione (ad esempio con standard quali l'EIC 62443) dei dati raccolti all'interno dell'azienda.

### Area Struttura organizzativa

L'utilizzo di nuove tecnologie non è sufficiente di per sé a rendere un'impresa "agile". Per fare ciò è indispensabile la creazione di una corretta struttura organizzativa aziendale, sia riguardo le regole che ne governano il funzionamento interno (asse "Organizzazione interna organica"), sia rispetto a quelle che determinano il posizionamento dell'impresa nella catena del valore (asse "Collaborazione dinamica all'interno del *value-network*").

#### Asse 1: Organizzazione interna organica

A differenza dell'organizzazione meccanica, nell'organizzazione organica gli attori coinvolti hanno meno vincoli ma più responsabilità individuali. Per tali ragioni questa è particolarmente adatta alle realtà che hanno una forza lavoro altamente qualificata e che operano in un ambiente dinamico. L'asse comprende i seguenti parametri:

- **Comunità flessibili:** intese come la capacità di creare *team* eterogenei e favorire una maggiore comunicazione tra le diverse aree aziendali, per rispondere più rapidamente ai nuovi eventi, superando i limiti degli approcci gerarchici.
- **Modelli decisionali:** presenza di modelli in grado di massimizzare l'efficacia e l'efficienza dei processi decisionali basati sui dati coniugando modelli centralizzati e decentralizzati.
- **Sistemi motivazionali per obiettivi:** presenza di sistemi di premialità in grado di allineare gli interessi dei singoli individui (non necessariamente economici) con quelli dell'impresa.
- **Agile management:** capacità di ascoltare il mercato e di adattarsi in breve tempo ai *feedback* forniti dal mercato al fine di migliorare un certo prodotto/servizio.

#### Asse 2: Collaborazione dinamica all'interno del *value-network*

La collaborazione dinamica all'interno della catena del valore favorisce la circolazione delle informazioni fra gli attori rilevanti, riducendo contestualmente le bar-

riere comunicative e permettendo una elevata flessibilità delle procedure. L'asse è composto da:

- **Focus sui benefici per il cliente:** indica quanto l'impresa è capace di considerare il cliente e le sue esigenze all'interno dei processi aziendali. Non si prende a riferimento soltanto il cliente finale, ma anche gli altri attori della catena del valore.
- **Cooperazione all'interno del network:** riflette il livello di cooperazione tra l'azienda e i suoi *partner*. Da ciò discende la capacità di rispondere al mercato in modo tempestivo ed efficace.

## Area Cultura

La trasformazione digitale riguarda intrinsecamente anche la cultura aziendale e la volontà di fare dell'apprendimento continuo l'elemento chiave per la crescita futura. Infatti i sistemi digitali non creano valore di per sé, ma sono fattori abilitanti per le aziende realmente in grado di sfruttarli.

L'area Cultura è basata sulla "Propensione al cambiamento" e sulla "Collaborazione sociale".

### Asse 1: Propensione al cambiamento

La propensione al cambiamento si basa su cinque capacità che devono essere acquisite dai dipendenti di un'impresa agile e pronta all'apprendimento:

- **Riconoscere il valore degli errori:** ovvero la capacità di analizzare gli errori e trasformarli in *lessons learned*, così da approfondire la conoscenza dei processi e scoprire relazioni causa-effetto.
- **Apertura all'innovazione:** il livello di apertura all'innovazione è direttamente correlato alla conoscenza delle tecnologie e delle modalità con cui esse possono creare valore.
- **Apprendimento e processo decisionale basato sui dati:** indica quanto il processo decisionale, così come quello di apprendimento, sia basato su evidenze affidabili e rilevanti.
- **Sviluppo professionale continuo:** identifica la propensione all'apprendimento ed allo sviluppo continuo sia delle competenze tecniche (*hard skill*) che trasversali (*soft skill*).
- **Elaborazione del cambiamento:** descrive il livello di comprensione, da parte di operatori e manager, dell'importanza che le innovazioni hanno all'interno dei processi aziendali e la capacità di individuare le modalità più efficaci per realizzarle.

## Asse 2: Collaborazione sociale

L'asse "collaborazione sociale" riguarda la condivisione delle informazioni all'interno dell'organizzazione ed è composto da:

- **Stile di leadership democratico:** descrive lo stile di leadership adottato dall'azienda e quanto questo sia orientato verso una maggiore integrazione orizzontale dei lavoratori, intesi come soggetti eguali appartenenti ad una medesima comunità.
- **Comunicazione aperta:** si riferisce alle modalità con cui avviene il trasferimento della conoscenza implicita.
- **Fiducia nei processi e nei sistemi informativi:** riguarda il livello di fiducia della comunità verso i propri membri o componenti (umani o tecnologici).

## Da acatech al modello di valutazione

Il modello acatech è stato utilizzato come punto di riferimento strutturale al fine di riaggregare le domande dei questionari rispetto ad un *framework* lineare organizzato su tre livelli gerarchici.

L'analisi del rischio e la modellazione del business rappresentano due parametri mancanti che potrebbero contribuire a migliorare il modello. Il primo parametro viene trattato marginalmente, o meglio, è inglobato in altri parametri dell'area gestionale e dell'area cultura (ad esempio: Modelli decisionali e Elaborazione del cambiamento); il secondo è quasi totalmente trascurato nel modello acatech.

L'**analisi del rischio** è alla base della ISO 9001:2015: la nuova norma evolve l'approccio delle versioni precedenti della ISO 9001 nelle quali il rischio veniva affrontato solo quando si trattava di azioni preventive. Nella versione del 2015 i concetti legati al rischio vengono trattati diffusamente, sottolineando l'importanza della sua valutazione e analisi su base continua. Alcune domande del questionario sono ispirate alla nuova ISO 9001:2015.

A nostro parere ci sono numerose ragioni per cui il modello acatech (ed anche il modello sviluppato dal Politecnico di Milano) non include un asse o un parametro etichettato con la dicitura "modello di business". È infatti molto difficile rilevare dati oggettivi che indichino (a) una **revisione** del modello di business alla luce della nuova prospettiva introdotta dal 4.0, (b) lo **sviluppo** di modelli di business nuovi, alternativi o complementari a quelli attuali, (c) il **consolidamento** di un nuovo modello di business già allineato al paradigma 4.0.

## Acatech oltre la Norma

Oltre agli elementi sopra citati, lo studio acatech introduce un forte elemento di novità rispetto alla DIN:SPEC 91345: l'attenzione agli aspetti legati alla progettazione, alla ricerca e sviluppo, alla gestione della documentazione tecnica (che acatech considera, a nostro parere giustamente, al pari di un qualsiasi altro asset aziendale).

D'altronde qual è il sensore più *smart* e più diffuso in azienda? Di certo sono le risorse umane: i conduttori delle macchine, i manutentori, la forza vendita, chi cura l'assistenza post vendita, ma anche i progettisti, i tecnologi, gli operatori dei servizi logistici, ecc. Questi comunicano in forma testuale tramite documenti, mail, report e discussioni (che spesso trovano una formalizzazione e "materializzazione" in minute di riunione). Questi documenti si trovano spesso nascosti in un *mare magno* che costituisce la documentazione aziendale, non sempre gestita e valorizzata al meglio (nonostante a parer nostro sia la manifestazione digitale di parte del *know-how* aziendale).

Nessuno potrà obiettare al fatto che questi dati non debbano essere trascurati, ma debbano essere trattati al pari, o addirittura con un'attenzione maggiore rispetto ai dati provenienti dalle macchine. Perciò dovranno essere analizzati, incrociati con altre sorgenti e collegati sia in *downstreaming* (dalla progettazione alla fabbricazione al marketing, alle vendite, al post-vendita) ma anche e soprattutto in *upstreaming*. Un esempio fra tutti: *le lesson learned*. Senza una corretta gestione delle lezioni apprese dagli errori commessi si continuerà a sbagliare e a perdere opportunità di mercato. Al contrario l'ascolto delle idee, una politica di continuo *problem setting* e *solving* sono alla base per la condivisione delle soluzioni e la crescita di tutti i lavoratori (e quindi di tutta l'azienda).

Peraltro, quando parliamo di documentazione paragonandola ad un dato, facciamo sicuramente torto al valore che la documentazione aziendale contiene: essa è infatti informazione preziosa, elaborata, codificata, formalizzata e sintetizzata per essere resa intelligibile e fruibile nel tempo. Per questo la conoscenza che sta dietro o meglio dentro alla documentazione è l'*asset* più importante sul quale si basa il presente e si costruisce il futuro di un'azienda di successo.

## Metriche acatech STUDY

Lo studio di acatech definisce 8 parametri con cui valutare il posizionamento di ogni area funzionale all'interno delle 4 aree strutturali per l'Industria 4.0 su una scala a 6 livelli.

La valutazione avviene attraverso un'ispezione dell'azienda sulla base di un questionario. Un esempio di domanda del questionario è visibile in Figura 35:

Figura 35. Esempio di domanda riportata nello studio acatech

**Qual è l'attitudine dei dipendenti verso gli errori?**

1 Gli errori devono essere evitati ad ogni costo; quando gli errori accadono, vengono risolti il più velocemente possibile. Gli errori non vengono inoltre discussi internamente in modo da evitare che le persone ammettendo i propri errori vengano incolpati dagli altri.

2

3 Gli impiegati provano ad evitare gli errori, seguono le linee guida del QM sulla documentazione degli errori standardizzati. I dipendenti sono inoltre disposti a discutere degli errori nei loro dipartimenti.

4 I dipendenti riconoscono il valore dell'identificazione e della comprensione degli errori, questi dunque non vengono nascosti e non vi sono *finger-pointed* per chi sbaglia. Gli errori vengono perciò analizzati in un clima costruttivo

5 I dipendenti sono completamente a loro agio con il trattare gli errori. L'opportunità di sviluppare un sistema condiviso di conoscenze e di imparare cose nuove, spinge gli impiegati a identificare potenziali errori, analizzarli prontamente per comprenderli.

6

Fonte: rielaborazione acatech STUDY, 2017

Le risposte alle domande del questionario sono attribuite ad uno dei parametri visti nel paragrafo precedente e ripetute nelle varie aree funzionali. Le domande sono a risposta multipla ed ogni risposta è associata ad una delle 6 fasi della scala di sviluppo del modello. I punteggi ottenuti per ogni parametro vengono aggregati (nello studio non viene specificato come) per funzioni in ogni area strutturale.

### Punti di forza e di debolezza del modello acatech

Per la costruzione dei questionari di assessment e di audit che verranno trattati in seguito, così come per la realizzazione dei relativi report, il modello acatech si è rivelato una fonte di grande valore: la suddivisione dei parametri in 4 settori di cui 2 organizzativi (Cultura e Struttura organizzativa) e due operativi (Risorse e Sistemi informativi) risulta infatti esaustiva e di immediata comprensione. Gli assi in cui i 4 settori sono suddivisi e i sottoparametri che li compongono sono anch'essi chiari ed efficaci. D'altro canto il modello acatech presenta alcune criticità. Nella tabella seguente sono elencati i principali punti di forza e di debolezza.

**Tabella 1. Punti di forza e di debolezza del modello acatech**

Punti di forza	Punti di debolezza
<p>Classificazione delle risposte rispetto alla scala di sviluppo</p> <p>-----</p> <p>Presenza di una Indicazione chiara del livello di tutte le possibili applicazioni nel dettaglio di ogni sotto-parametro</p>	<p>Le risposte non sempre coprono tutti i punti della scala</p> <p>-----</p> <p>Il posizionamento della risposta nella scala acatech non corrisponde al posizionamento relativo al contesto della domanda</p>
<p>Modello gerarchico organizzato multiarea, multiparametro e multilivello</p>	<p>L'assenza di step intermedi fornisce una scala a tratti non costante (non lineare)</p>
<p>Modello unico per tutte le aree aziendali (astrazione del metodo)</p>	<p>Modello unico per tutte le aree aziendali (basso livello di specializzazione)</p>
<p>Esplora aree non presenti nella norma DIN SPEC 91345:2016</p> <p>-----</p> <p>La parte inferiore del radar esplora le aree strutturali e culturali dell'organizzazione</p>	<p>Non c'è il <i>deployment</i> delle metriche, come viene fatta l'aggregazione e se vengono normalizzate</p>
<p>Modello dalla forma semplice (4 quadranti) e piuttosto comunicativo</p>	<p>Mescola l'approccio cartesiano con un approccio a coordinate radiali</p> <p>-----</p> <p>Il posizionamento non può essere spaziale ma radiale rispetto al singolo parametro</p> <p>-----</p> <p>Il modello prevede di ripetere le domande sulla cultura e sull'organizzazione in ogni area aziendale</p>

Fonte: elaborazione degli autori



# Il modello di valutazione

Il modello di valutazione ha lo scopo di misurare il livello di maturità delle imprese sulle tematiche di Industria 4.0. Il concetto portante del modello è quello di realizzare uno strumento di misura basato su dati oggettivi e documentati.

## Le tre fasi del percorso di valutazione

Il modello di valutazione sviluppato comprende 3 step di analisi:

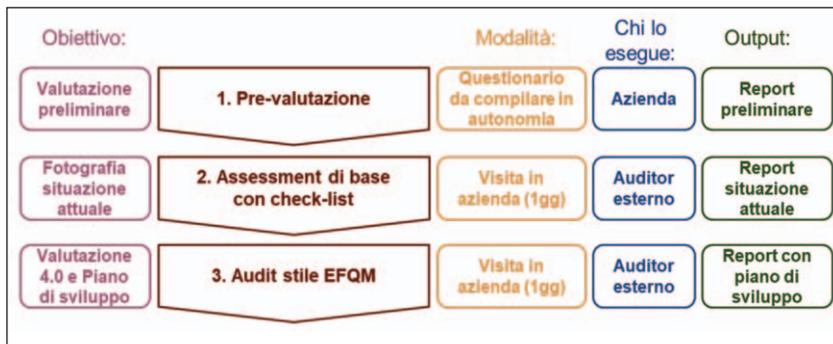
1. Primo step: Pre-valutazione
2. Secondo step: Assessment
3. Terzo step: Audit

I tre tipi di valutazione danno risultati via via più completi e prospettici, ed in particolare:

1. La pre-valutazione ha il compito di fornire alle aziende un primo generale bilancio sul loro grado di maturità rispetto al paradigma Industria 4.0 tramite un breve *report*
2. L'assessment permette alle aziende di ricevere un *report* contenente una fotografia dettagliata della loro situazione attuale e dei relativi punti di forza e di debolezza
3. L'audit fornisce un *report* contenente una valutazione dettagliata del grado di maturità accompagnato dall'indicazione di un possibile piano di sviluppo (tattico ed operativo) contenente vari interventi che l'azienda potrà decidere di attuare

Le relazioni e le principali caratteristiche dei diversi tipi di valutazione sono rappresentate nella seguente figura:

Figura 36. Rappresentazione dei 3 tipi di valutazione presenti nel modello



Fonte: elaborazione degli autori

Il percorso auspicato per le aziende ripercorre in ordine i tre step. Per prima cosa l'azienda interessata ad una valutazione 4.0 compila la pre-valutazione *on-line* e riceve una stima aggregata del proprio livello di maturità. Se l'azienda è interessata ad approfondire la propria situazione chiederà ad un consulente di eseguire un assessment (secondo *step*) che fornirà una valutazione puntuale di ogni asset presente in azienda indicando quali sono i punti di forza e di debolezza. Infine se l'azienda vuole intraprendere un percorso di sviluppo si passa al terzo step, nel quale un secondo consulente, in genere un esperto dell'area da trasformare e delle relative tecnologie abilitanti, approfondirà detta area aziendale al fine di identificare le criticità emerse nel secondo step ed ipotizzare dei percorsi di sviluppo. L'auditor, che in questo caso veste anche i panni di tecnologo esperto, indicherà all'azienda una serie di soluzioni alternative per migliorare il livello di rispondenza della stessa ai principi di Industria 4.0.

## Piano di assessment e audit

Nel secondo e nel terzo step le aziende riceveranno una valutazione tramite una visita in azienda da parte di un professionista. Queste visite sono regolamentate dalla norma UNI EN ISO 19011 che descrive le linee guida per gli audit di sistemi di gestione ambientali, della qualità, della sicurezza delle informazioni. Nel presente paragrafo si parlerà dunque di "audit" e "piano di audit" riferendosi sia al secondo step (Assessment) che al terzo step (Audit) del modello di valutazione.

Si definisce audit un *"Processo sistematico, indipendente e documentato per ottenere le evidenze dell'audit e valutarle con obiettività, al fine di stabilire in quale misura i criteri dell'audit sono stati soddisfatti"*.

Elemento centrale dell'audit sono le **evidenze**, che rappresentano l'insieme delle informazioni ottenute dall'auditor durante la sua attività, e devono essere pertinenti ai **criteri dell'audit** (politiche, procedure e requisiti) usati come riferimento per valutare la conformità di ciò che viene sottoposto a verifica ispettiva. Le **risultanze dell'audit** sono quindi i risultati della valutazione delle evidenze dell'audit rispetto ai criteri dell'audit.

Generalmente l'audit non viene effettuato come attività *stand-alone*, ma fa parte di un disegno più grande volto a verificare la conformità di più processi o di differenti sistemi di gestione. Oppure, più semplicemente, il singolo audit può essere parte di una serie di audit ripetuti sullo stesso oggetto di verifica. A tale ragione viene definito un **Programma di audit** che consiste nelle disposizioni per un insieme di uno o più audit pianificati su di un arco di tempo definito ed orientati verso uno scopo specifico.

Per realizzare un programma di audit è necessario:

1. Definire gli obiettivi del programma di audit
2. Definire i compiti e le competenze della persona che gestisce il programma di audit
3. Determinare l'estensione del programma di audit
4. Identificare e valutare i rischi del programma
5. Definire le procedure per il programma di audit
6. Identificare le risorse necessarie per il programma di audit

La figura chiave per lo svolgimento del singolo audit è l'**auditor**, professionista qualificato per svolgere questo tipo di attività e che guida la verifica ispettiva. Oltre ad una conoscenza dettagliata dell'oggetto di audit e dei criteri con i quali valutarne la conformità, l'auditor si caratterizza per una serie di attitudini personali che gli consentono di effettuare in modo efficace il suo compito (Integrità, Presentazione Imparziale, Dovuta Professionalità, Riservatezza, Indipendenza e Approccio basato sulle evidenze). Il profilo ideale per il completamento delle attività di assessment è quello di un auditor come ad esempio consulenti che svolgono auditing sui sistemi di qualità, sicurezza e ambiente.

## **Pre-valutazione**

La pre-valutazione è costituita da un questionario che permette all'azienda di cominciare un percorso di acquisizione della consapevolezza e di analisi del proprio stato in materia di Industria 4.0.

Il questionario occuperà l'azienda per 20-30 minuti e sarà fruibile via web tramite una piattaforma Regionale dedicata.

La pre-valutazione fornisce alle aziende un primo report che contiene un inquadramento generale dell'azienda.

Il questionario è composto da domande a risposta chiusa suddivise nelle seguenti aree tematiche:

- Anagrafica
- Organizzazione
- Competenze e profili 4.0
- Capacità di effettuare investimenti
- Tecnologie presenti
- Filiera
- Cultura

### **Metriche Pre-valutazione**

Lo scopo della pre-valutazione è quello di fornire un'indicazione sulla consapevolezza dell'impresa rispetto ai concetti, alle tecnologie, alle opportunità progettuali e di finanziamento collegate con Industria 4.0. Inoltre fornisce una valutazione dell'azienda per ognuna delle 9 tecnologie indicate nel Piano Nazionale Industria 4.0 (maggiori dettagli nel paragrafo successivo).

Per fare ciò l'azienda viene analizzata sulla base di 6 parametri:

- Organizzazione dell'azienda
- Competenze presenti
- Progettualità
- Tecnologie presenti
- Filiera
- Cultura

Per le domande a risposta singola ad ogni risposta è stato assegnato un punteggio da 0 a 1 in base al livello corrispondente nella scala di acatech.

Per le domande a risposta multipla invece ad ogni risposta è stato assegnato un punteggio pesato su quanto ogni risposta contribuisce a segnalare il fatto che l'impresa è maggiormente conforme ai principi di Industria 4.0. In questo caso il punteggio ottenuto per tale domanda è pari alla somma dei punteggi delle risposte scelte.

Per calcolare il punteggio ottenuto in ogni singolo parametro o nella valutazione complessiva sono state fatte delle medie dei punteggi ottenuti nelle domande afferenti a quel parametro.

## Report Pre-valutazione

Il report che viene presentato all'azienda dopo la pre-valutazione contiene una valutazione generale che permette di acquisire una maggiore consapevolezza del proprio stato per quanto riguarda l'Industria 4.0.

In particolare il report contiene 3 tipi di valutazione:

1. Una valutazione su scala da 0 a 6 su ognuno dei 6 parametri citati nel paragrafo precedente

**Figura 37. Esempio di valutazione di un parametro nella pre-valutazione**



Fonte: elaborazione degli autori

2. Una valutazione di massima della situazione dell'azienda rispetto alle 9 tecnologie presenti nel Piano Nazionale Industria 4.0 su scala a 3 livelli (semaforo)

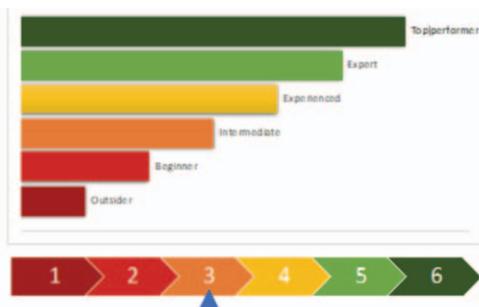
**Figura 38. Esempio di valutazione su una tecnologia del Piano Nazionale Industria 4.0**



Fonte: elaborazione degli autori

3. Una valutazione complessiva del livello di maturità dell'azienda

**Figura 39. Esempio di valutazione complessiva nella pre-valutazione**



Fonte: elaborazione degli autori

Il report della pre-valutazione fornisce una panoramica di massima dell'azienda senza dare valutazioni particolarmente precise e dettagliate, per le quali è necessario uno studio più approfondito da parte di personale esperto come spiegato nei paragrafi seguenti.

## Assessment

L'assessment è lo strumento che fornisce una fotografia dello stato attuale dell'azienda; è uno strumento di misura che si basa su evidenze supportate da dati e documenti.

Questo tipo di assessment è pensato in modo da poter essere eseguito anche da personale non particolarmente esperto in materia di auditing ma che è stato adeguatamente formato per eseguire il compito specifico.

Il questionario di assessment contiene una serie di domande precise riguardo il modo di lavorare dell'azienda rispetto a due livelli fondamentali basati sulle aree strutturali del modello acatech:

1. **Livello organizzativo:** corrispondente ai due quadranti “Struttura organizzativa” e “Cultura”
2. **Livello operativo:** corrispondente ai due quadranti “Risorse” e “Sistemi Informativi”

L'assessment avviene tramite una visita in azienda della durata di almeno 1 giorno suddivisa in due parti: una prima parte tramite colloquio in ufficio con alcuni responsabili dell'azienda, possibilmente con il responsabile della qualità, che è la persona che meglio conosce i processi aziendali, e una seconda parte tramite visita alla parte operativa dell'azienda (ad esempio nello stabilimento produttivo) in modo che il consulente possa vedere con i suoi occhi la realtà che gli viene raccontata.

L'assessment, è ispirato alla norma ISO 9001:2015 per quanto riguarda sia la modalità di condurre la visita in azienda, sia la forma dal questionario che il valutatore deve seguire (l'uso di check-list è alla base degli audit basati sulla norma ISO 9001).

Seguendo tale principio le domande sono della forma seguente:

**Figura 40. Esempio di domanda dell'assessment**

The image shows a screenshot of a questionnaire with two sections, each enclosed in a rounded rectangular box with a green border. The first section is titled "Gli assets identificati hanno capacità comunicative di tipo:" and contains three items: "Attivo", "Passivo", and "Attivo con capacità di elaborazione". The second section is titled "Le operazioni svolte sul pezzo sono registrate in modo:" and contains five items: "Digitale", "Digitale in real-time", "Cartaceo", "Cartaceo in real-time", and "Non sono registrate". Each item is preceded by a small square checkbox.

Fonte: elaborazione degli autori

Come da Figura 40, le domande sono puntuali e non viene lasciato spazio per l'opinione dell'auditor.

Il questionario di assessment è diviso nei due livelli organizzativo e operativo, che a loro volta sono suddivise in più sottoaree, come visibile nei paragrafi seguenti.

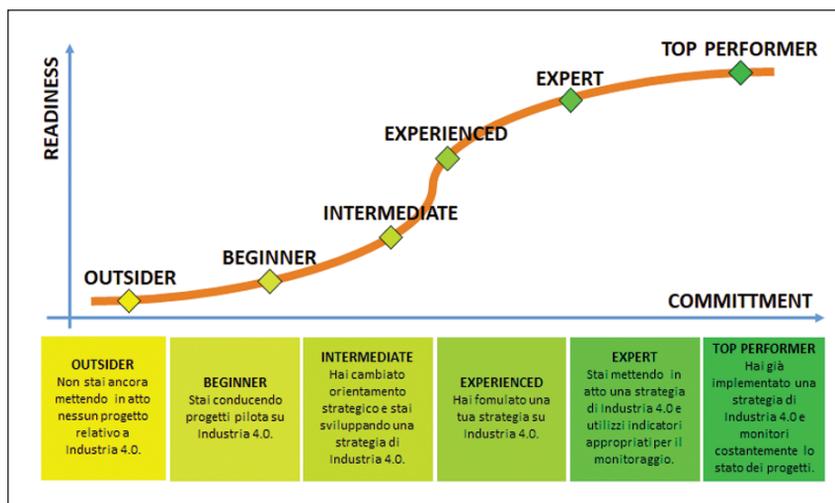
L'assessment fornisce alle aziende un report contenente una fotografia dell'azienda, che attesta lo stato attuale e mette in evidenza punti di forza e di debolezza.

### Metriche Assessment

L'assessment, ispirandosi allo studio di acatech, valuta il posizionamento dell'impresa all'interno delle 4 aree strutturali attraverso domande di valutazione sulla base degli 8 principi di acatech.

Il questionario di assessment è composto da domande a risposta multipla che l'auditor deve compilare, e le metriche sono assegnate in modo da avere una corrispondenza tra la risposta ottenuta e il corrispondente grado di maturità. Tale grado di maturità è valutato in una scala a 6 livelli coerente (nella forma) con lo studio di acatech. A differenza di acatech, che usa un linguaggio prettamente tecnico che può risultare poco comunicativo verso le imprese, l'assessment integra una nomenclatura proposta da IMPULS e presentata come curva ad S, come visibile in Figura 41.

Figura 41. Curva di adozione del paradigma Industria 4.0



Fonte: elaborazione degli autori

Al primo livello troviamo le imprese che non conoscono e non soddisfano i requisiti di industria 4.0. Al secondo livello si posizionano le imprese che hanno intrapreso progetti pilota. In coerenza con acatech, tra il secondo ed il terzo livello si colloca il passaggio tra l'Industria 3.0 e l'Industria 4.0. Il terzo livello rappresenta il cambiamento di orientamento strategico con investimenti relativi a Industria 4.0. Al quarto livello troviamo le imprese che hanno formulato una strategia per il 4.0. Al quinto livello troviamo le imprese che hanno investito per implementare la propria strategia di Industria 4.0, mentre al sesto livello troviamo le aziende che sono completamente conformi al paradigma di industria 4.0.

Nella maggior parte la valutazione delle domande prevede 2 tipi di metriche:

- **Metrica lineare:** per domande a risposta singola. In questo caso le risposte sono distribuite uniformemente tra il livello 1 e il livello 6 della scala di maturità
- **Metrica additiva:** per domande a risposta multipla. In questo caso ogni risposta selezionata contribuisce al raggiungimento di un livello sempre più elevato di maturità

Non mancano però le eccezioni, per cui troviamo:

- **Domande che condizionano il proseguimento del questionario:** sono domande a cui non è necessariamente associata una metrica ma che servono ad accedere o meno ad un blocco di domande successive (tipicamente domande volte a capire se all'interno dell'azienda viene svolta o meno una certa attività)
- **Domande che presentano risposte distribuite non linearmente rispetto alla scala a 6 livelli:** in questo caso il punteggio assegnato ad ogni risposta dipende dal livello nella scala di maturità effettivamente raggiunto con tale risposta
- **Domande di cross-check:** in questo caso il punteggio assegnato alle risposte dipende dalla/e risposta/e date ad altre domande correlate con la domanda in questione.

L'azienda è un'entità complessa che comprende diversi tipi di asset. Spesso una stessa tipologia di asset è gestita in modi diversi. In questi casi il modello prevede la possibilità di valutare sia la modalità di gestione prevalente, sia la modalità di gestione meno frequente (se ritenuta comunque rilevante per la valutazione dell'azienda stessa).

Il modello così definito permette di inglobare i punti di forza dell'indice di maturità dello studio di acatech e l'approccio della norma DIN SPEC 91345:2016. Inoltre il modello permette di risolvere i seguenti punti di debolezza dello studio di acatech:

**Tabella 2. Punti di debolezza individuati in acatech e superati nell'assessment**

Punti di debolezza di acatech superati nell'assessment
Le risposte non sempre coprono i punti esterni della scala → L'assessment prevede una scala completa Scala non sempre definita
Scala lineare (con alcune eccezioni) Modello unico per tutte le aree → Domande che si ripetono per asset, non per aree strutturali
Unione impropria di un approccio cartesiano con un approccio a coordinate radiali → Approccio radiale a 8 assi

Fonte: elaborazione degli autori

### Report Assessment

Il report che viene presentato all'azienda dopo l'assessment contiene molte informazioni utili per evidenziare i punti di forza e i punti di debolezza dell'azienda stessa. Il report contiene nella parte iniziale un'introduzione e una descrizione della metodologia che, contenendo una spiegazione del contesto in cui è inserito l'assessment, rendono il *report* fruibile dalle imprese. I grafici mostrati in questo paragrafo e nel successivo sono stati creati *ad hoc* per fornire un supporto visuale alla spiegazione. Questi non sono riconducibili a nessuna delle aziende coinvolte nel test del modello.

Dopo questa prima parte vengono presentati i risultati delle analisi, partendo dalla valutazione complessiva dell'azienda divisa nei due livelli: organizzativo e operativo (Figura 42).

**Figura 42. Valutazione dei livelli: organizzativo e operativo**

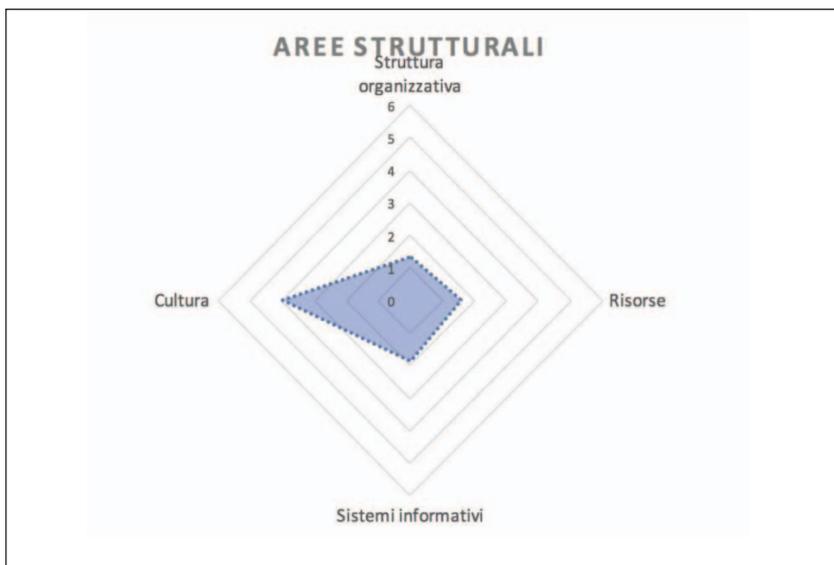


Fonte: elaborazione degli autori

Questa valutazione molto aggregata fornisce una prima indicazione sull'orientamento dell'azienda: se più attenta alla parte organizzativa e gestionale o alla parte operativa e tecnologica.

A questo punto il report scende nel dettaglio delle quattro aree strutturali (corrispondenti ai quadranti di acatech) dandone una valutazione da 1 a 6 e rappresentandola con un radar (Figura 43). Nel grafico è bene notare che, nonostante il valore 0 sia fuori dal dominio, è presente negli assi dei radar. Questo avviene esclusivamente per la necessità grafica di rendere visibile la colorazione del livello 1 che corrisponde al valore minimo. Nella pratica non ci sono elementi con votazione zero.

**Figura 43. Radar con la valutazione delle 4 aree strutturali**



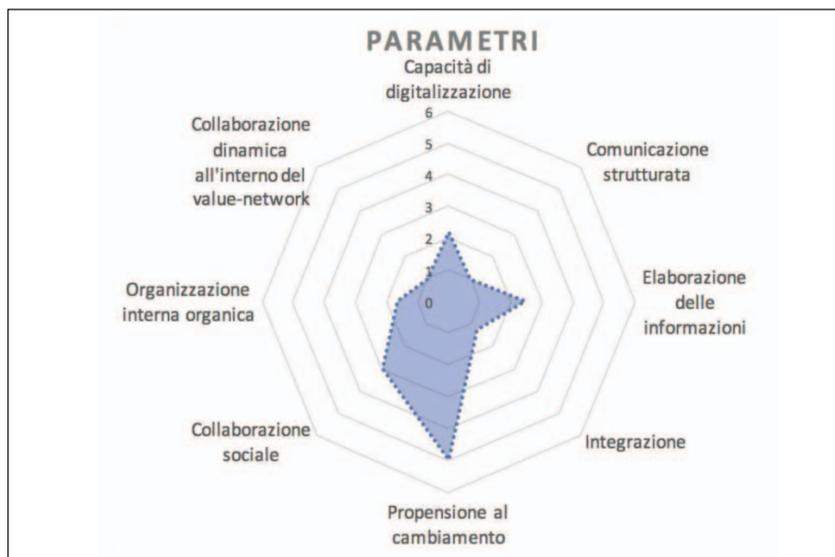
Fonte: elaborazione degli autori

Questo primo radar fornisce già un'indicazione sui punti di forza e di debolezza dell'azienda valutata e permette di avere una visione d'insieme dei parametri che verranno approfonditi nei grafici successivi.

Le 4 aree strutturali del modello sono composte da 8 assi, quindi il passo successivo del report riguarda la scomposizione delle 4 aree strutturali negli assi da cui sono composte, come visibile in Figura 44.

Attraverso il radar a 8 assi la valutazione dell'azienda scende a un livello di dettaglio sempre maggiore e consente di stabilire gli aspetti dell'azienda che presentano delle criticità e quali risultano più maturi.

**Figura 44. Radar con la valutazione degli assi**



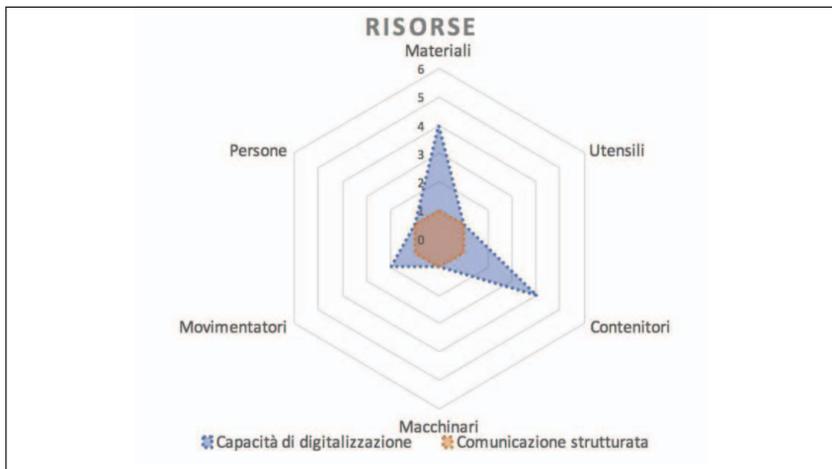
Fonte: elaborazione degli autori

L'idea è quella di individuare gli assi critici, per poi scendere nel dettaglio e arrivare ad avere una valutazione di ogni asset presente in azienda. Per fare questo è possibile scendere ulteriormente nel dettaglio per indagare il motivo cui un determinato asse ha ottenuto una valutazione andando ad esaminare ogni tipologia di elemento valutato secondo quell'asse.

Ogni elemento appartenente ad un'area strutturale è valutato attraverso i due assi relativi e riportato in un grafico radar.

Per quanto riguarda l'area strutturale Risorse il report riporta il grafico della Figura 45 alla pagina seguente. Il grafico sintetizza la situazione delle risorse (materiali, utensili, contenitori, macchinari, movimentatori e persone) rispetto ad una scala da 1 a 6 e rispetto agli assi Capacità di digitalizzazione (colore azzurro) e Comunicazione strutturata (colore arancio). Quindi è possibile prendere visione della situazione per tipologia di risorse contemporaneamente per gli aspetti di digitalizzazione e comunicazione.

Figura 45. Radar con la valutazione delle Risorse



Fonte: elaborazione degli autori

Per l'area strutturale "Sistemi informativi" il report presenta un grafico come quello della Figura 46.

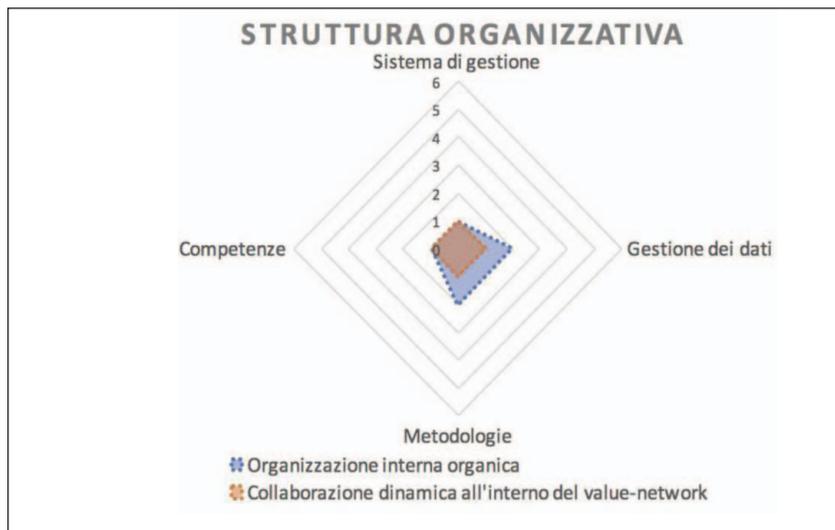
Figura 46. Radar con la valutazione dei Sistemi informativi



Fonte: elaborazione degli autori

Per quanto riguarda l'area strutturale "Struttura organizzativa" il report riporta il seguente radar:

**Figura 47. Radar con la valutazione della struttura organizzativa**



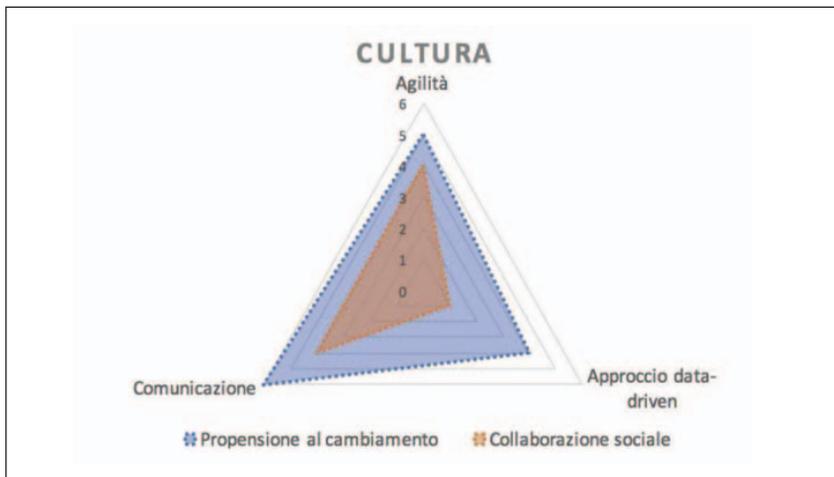
Fonte: elaborazione degli autori

Il grafico sintetizza la situazione della struttura organizzativa andando ad indagare il sistema di gestione, la gestione dei dati, le competenze e le metodologie attuate. Con il colore azzurro viene presentata la valutazione relativa agli aspetti interni all'organizzazione, mentre con il colore arancio vengono presentati gli aspetti esterni all'organizzazione (*value-networks*).

Infine, per quanto riguarda l'area strutturale Cultura il report riporta il grafico della Figura 48 alla pagine seguente.

Il grafico rappresenta il punteggio ottenuto per quanto riguarda la cultura presente all'interno dell'organizzazione riguardo agli aspetti indicati nello studio di acatech come rilevanti per l'Industria 4.0, ovvero agilità, comunicazione, e approccio basato sui dati (*data-driven*). Con il colore azzurro viene sintetizzata la valutazione delle componenti di cultura relativamente agli aspetti di propensione al cambiamento, mentre con il colore arancio viene riportata la valutazione rispetto alla collaborazione sociale.

Figura 48. Radar con la valutazione della cultura



Fonte: elaborazione degli autori

Il report dell'assessment genera una fotografia della situazione attuale dell'azienda e consente di rendersi conto quali asset costituiscono un punto di forza e quali un punto di debolezza per l'impresa. L'assessment quindi rappresenta un passo fondamentale per l'impresa che vuole cominciare ad approfondire la sua situazione e cercare uno specialista in grado di ideare un piano di sviluppo volto a migliorare la capacità dell'impresa di sfruttare al meglio le tecnologie di Industria 4.0.

## Audit

L'audit è lo strumento che fornisce una visione più dinamica e prospettica (progettuale). È eseguito da un esperto esterno che si concentra su un'area dell'azienda nella quale la direzione intende investire. A tal fine, il questionario di audit contiene una serie di domande più strategiche, tattiche, progettuali che indagano le volontà di adeguamento e le intenzioni documentate di intraprendere un percorso di crescita nel livello di maturità su 4.0.

L'audit è condotto da un auditor esperto in auditing e nelle tecnologie che caratterizzano Industria 4.0. L'auditor andrà ad approfondire le aree aziendali su cui l'azienda intende investire e lo farà tramite una visita in azienda di almeno 1 giorno in cui andrà ad approfondire principalmente due aspetti:

1. **La readiness dell'azienda:** andando ad indagare quello che in acatech corrisponde ai due quadranti “Struttura organizzativa” e “Cultura”. Questa parte consente di capire se l'azienda è sufficientemente motivata e se è strutturalmente pronta per implementare le tecnologie 4.0.
2. **Valutazione delle tecnologie presenti:** andando ad indagare lo stato delle tecnologie presenti in azienda e il modo in cui vengono utilizzate. Si fa riferimento ai quadranti di acatech “Risorse” e “Sistemi Informativi” per analizzare lo stato attuale e individuare gli interventi che si possono attuare in azienda.

La prima parte dell'audit avviene tramite colloquio in ufficio con alcuni responsabili dell'azienda (possibilmente con il responsabile della qualità). La seconda parte, al contrario, si svolge nell'area operativa dell'azienda (es. nello stabilimento produttivo) con il supporto del personale aziendale, in modo che l'auditor possa vedere con i propri occhi ed avere un'opinione critica su ciò che gli viene raccontato dall'azienda.

Il questionario di audit è stato concepito sulla base del modello dell'*European Foundation for Quality Management* (EFQM). Il modello EFQM è un modello non prescrittivo e di riferimento per la valutazione della qualità sostenibile nel tempo per le organizzazioni. Lo scopo del modello è quello di consentire alle organizzazioni di conseguire un miglioramento complessivo delle prestazioni mediante un approccio più articolato rispetto ai soli modelli ISO 9000.

Il modello viene raffigurato con uno schema a nove stanze, ognuna delle quali rappresenta un criterio per valutare il progresso dell'organizzazione verso l'eccellenza ed a sua volta è composta da vari sottocriteri. I criteri di fondo dell'EFQM coprono due aree fondamentali: i Fattori abilitanti, e i Risultati.

L'audit eredita dal modello EFQM sia le tematiche relative alla valutazione dell'organizzazione dell'azienda e della cultura, che la forma delle domande. Figura 49 alla pagina seguente descrive la struttura delle domande con 5 livelli a cui corrisponde una scala di valutazione da 0 a 100. La domanda suggerisce 5 livelli indicando anche qualche esempio a supporto dell'auditor.

Per condurre l'audit, l'auditor deve essere esperto in materia e deve essere in grado di eseguire un colloquio con il personale dell'azienda e di raccogliere informazioni vive tenendo come riferimento i vari livelli che il questionario di audit propone.

L'audit fornisce alle aziende un report dettagliato sul loro grado di maturità accompagnato da un possibile piano di sviluppo (strategico ed operativo) contenente una serie di interventi che le aziende possono decidere di attuare.

Figura 49. Esempio di domanda dell’Audit



Fonte: elaborazione degli autori

### Metriche Audit

L'audit, seppur basato su modello EFQM, ha una struttura coerente lo studio di acatech e valuta il posizionamento dell'impresa rispetto alle 4 aree strutturali tramite domande sugli otto principi dell'indice di maturità dello studio di acatech.

L'audit quindi considera tutte e quattro le aree strutturali e valuta ogni elemento dell'azienda:

- Le aree **Struttura Organizzativa** e **Cultura** verranno indagate attraverso domande che riguardano l'azienda nel suo insieme dal punto di vista organizzativo e culturale
- Le aree **Risorse** e **Sistema Informativo** verranno indagate attraverso una serie di domande ripetute in ogni funzione aziendale volte ad estrapolare le informazioni richieste dagli assi caratteristici delle due aree strutturali in questione.

Il questionario di audit è composto quindi da un set di domande riguardanti l'azienda in termini generali (per le aree "Struttura Organizzativa" e "Cultura") e da una serie di domande specifiche (per le aree "Risorse" e "Sistema Informativo") che vengono ripetute per funzione aziendale.

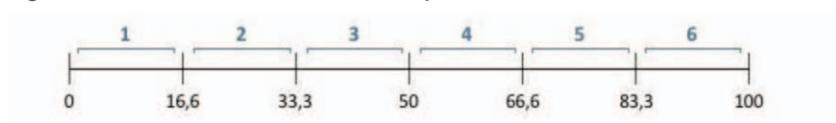
Come già detto, la struttura del questionario di audit è ereditata dal modello EFQM ed è composta da una valutazione da 0 a 100 che è coerente con 5 livelli di maturità proposti (vedere Figura 49).

In questo caso lo sforzo di assegnazione delle metriche avviene a monte, durante la definizione del questionario. In questo caso la grana delle metriche può variare a seconda dell'esperienza dell'auditor: un auditor esperto riesce a discriminare i livelli ed utilizzare una grana più fine della scala rispetto ad un auditor meno esperto che tenderà ad atternersi ai punti centrali dei 5 livelli e quindi alla scala discreta [0;25;50;75;100].

Per elaborare la valutazione viene eseguita l'aggregazione dei risultati attraverso il seguente processo:

- A. Classificazione delle domande rispetto agli 8 parametri dello studio di acatech
- B. Elaborazione dell'algoritmo di calcolo del punteggio per ogni parametro di ogni area strutturale. L'algoritmo è costituito prevalentemente da medie aggregate in base al parametro a cui fa riferimento la domanda
- C. Conversione della valutazione dalla scala [0;100] nella scala discreta da 1 a 6 dello studio di acatech attraverso la segmentazione della valutazione scala in 6 segmenti equivalenti riportati nella seguente figura

**Figura 50. Conversione della scala a 6 step**



Fonte: elaborazione degli autori

Come già detto per l'assessment, acatech usa un linguaggio molto tecnico e non sempre efficace per spiegare i 6 livelli di readiness alle imprese. Per tale ragione anche in questo caso si opta per la rappresentazione della scala attraverso curva ad S in Figura 41.

Il modello di audit così strutturato permette di inglobare i punti di forza dell'indice di maturità dello studio di acatech e di superarne alcuni punti di debolezza, come sintetizzato nella tabella seguente:

**Tabella 3. Punti di debolezza individuati in acatech e superati nell'audit**

Punti di debolezza del modello acatech risolti nell'audit
Le risposte non sempre coprono i punti esterni della scala → L'audit prevede una scala completa
Scala non sempre definita → Scala lineare da 0 a 100
Modello unico per tutte le aree → Modello che prevede domande uniche per valutare l'azienda e domande ripetute per valutare le funzioni aziendali
Unione impropria di un approccio cartesiano con un approccio a coordinate radiali → Approccio radar a 8 assi

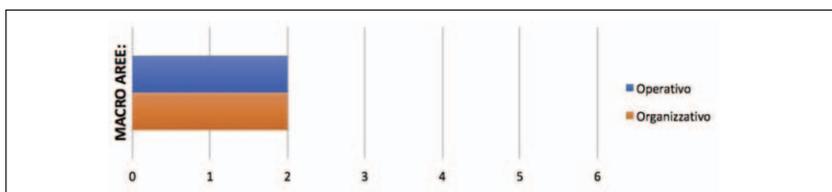
Fonte: elaborazione degli autori

## Report Audit

Il report dell'audit presenta una prima parte di analisi dei dati rilevati ed una seconda parte più prospettica che contiene i possibili interventi che l'azienda può implementare per migliorare il proprio livello di digitalizzazione ed ottenere così i benefici derivanti dall'Industria 4.0.

La parte di analisi include una sezione comune con il report dell'assessment: anche in questo caso il report parte da una valutazione generale delle due macro-aree operativo e organizzativo (Figura 51), per poi passare ad un livello di dettaglio maggiore con la valutazione delle 4 aree strutturali corrispondenti ai quadranti presenti nello studio di acatech.

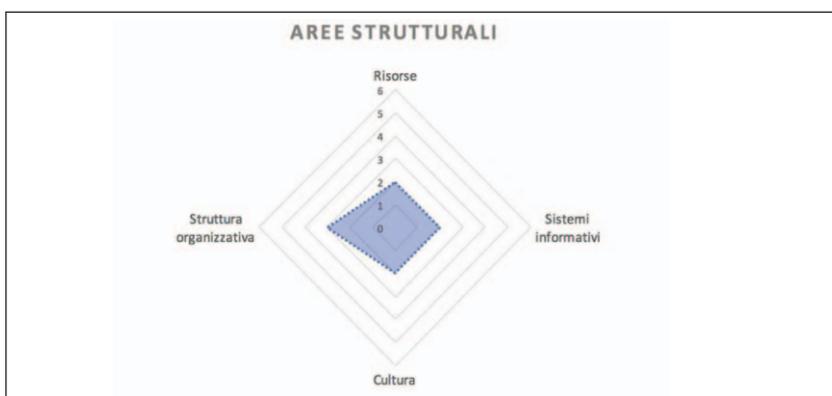
**Figura 51. Valutazione dei livelli: organizzativo e operativo**



Fonte: elaborazione degli autori

Anche nel report dell'audit le valutazioni ottenute nelle varie domande vengono processate in modo da avere come output una scala da 1 a 6, in modo da uniformare la chiave di lettura necessaria per interpretare i due tipi di report.

**Figura 52. Radar con la valutazione delle 4 aree strutturali**



Fonte: elaborazione degli autori

A questo punto il report contiene il radar con la valutazione degli 8 assi provenienti da acatech, che ci permette di cominciare a vedere in modo chiaro su quali aspetti è opportuno indagare ed eventualmente intervenire.

**Figura 53. Radar con la valutazione degli assi**



Fonte: elaborazione degli autori

Da questo punto in poi il report si differenzia e ogni asse viene indagato sulla base delle rilevazioni fatte. Per prima troviamo l'area Struttura organizzativa, con i suoi due assi: "Organizzazione interna organica" e "Collaborazione dinamica all'interno del *value-network*".

Il primo asse, relativo all'organizzazione interna, si suddivide a sua volta in 3 parametri (Figura 54):

- Organizzazione: che indica tutti i fattori relativi al buon funzionamento dell'organizzazione (ad esempio: definizione delle strategie, monitoraggio delle performance e dei risultati, utilizzo di metodologie ecc.)
- Salute dell'organizzazione: utile a dare una valutazione della solidità economico-finanziaria dell'azienda
- Competenze: che valuta le competenze presenti all'interno dell'azienda

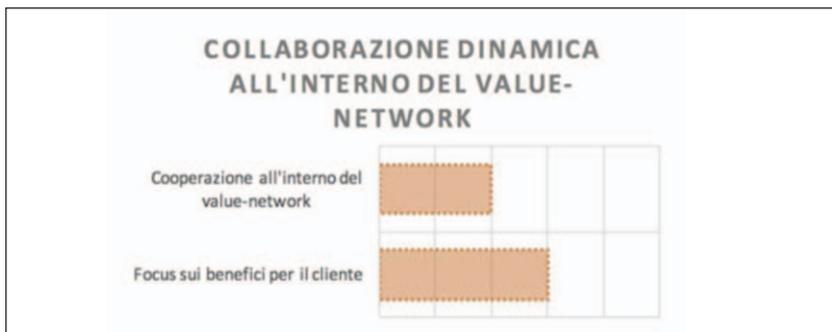
Figura 54. Radar con la valutazione dell'asse Organizzazione interna organica



Fonte: elaborazione degli autori

Il secondo asse è relativo all'attenzione che l'organizzazione ha verso l'esterno e si dettaglia nei due parametri del modello acatech: Cooperazione all'interno del value-network, e Focus sui benefici per il cliente.

Figura 55. Valutazione dell'asse Collaborazione dinamica all'interno del value-network



Fonte: elaborazione degli autori

Successivamente si passa all'area strutturale "Cultura", con gli assi: "Propensione al cambiamento" e "Collaborazione sociale". Il primo asse è relativo all'attitudine dell'azienda ad accettare o ricercare nuove sfide e nuovi cambiamenti. Questo si divide in 3 parametri identificati nel modello acatech: Apertura all'innovazione; Riconoscere il valore degli errori; Sviluppo professionale continuo.

**Figura 56. Radar con la valutazione dell'asse Propensione al cambiamento**



Fonte: elaborazione degli autori

Il secondo asse, relativo al clima di collaborazione presente all'interno dell'azienda, si divide nei parametri del modello acatech: Comunicazione aperta e Stile di leadership democratico.

**Figura 57. Valutazione dell'asse Collaborazione sociale**



Fonte: elaborazione degli autori

A questo punto il report passa alla parte operativa dell'organizzazione. Il radar seguente indaga i due assi relativi alle risorse: "Capacità di digitalizzazione" e "Comunicazione strutturata". Come visibile dalla Figura 58, il radar dà una misura di tutte le aree aziendali e permette di raggiungere un grado di dettaglio estremamente interessante per la valutazione del grado di maturità tecnologica dell'azienda: grazie a questo grafico è possibile determinare quali aree aziendali sono ad un livello più avanzato di conformità al 4.0 e quali presentano le maggiori criticità nei due assi considerati.

**Figura 58. Radar con la valutazione dell'area Risorse**

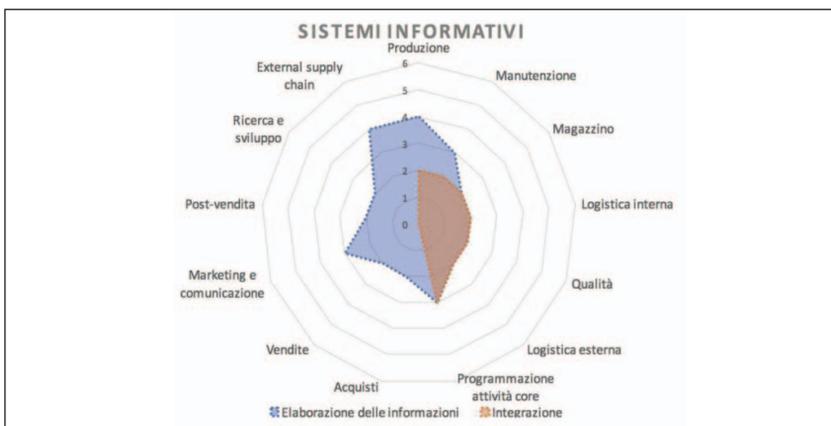


Fonte: elaborazione degli autori

Come ultimo grafico il report riporta il radar relativo ai due assi dell'area “Sistema informativi”, ovvero “Elaborazione delle informazioni” e “Integrazione”.

Anche in questo caso il grafico riporta la valutazione di dettaglio per i due assi per ognuna delle aree aziendali.

**Figura 59. Radar con la valutazione dell'area Sistemi informativi**



Fonte: elaborazione degli autori

Il *report* dell'audit fornisce molte evidenze sullo stato dell'azienda e indica le aree aziendali in cui prendere in considerazione un investimento. L'auditor potrà quindi raccogliere i dati, valutare la situazione in base alla propria esperienza e proporre all'azienda alcuni possibili interventi che, se implementati, possono apportare dei benefici tangibili e un miglioramento del livello di maturità dell'azienda rispetto al paradigma Industria 4.0.

## Prospettive di sviluppo

### Sul modello di business

La norma, i diversi report internazionali di matrice consulenziale e lo stesso modello acatech, benché riportino le possibili conseguenze di un approccio di tipo Industria 4.0 sul design del modello di business di un'impresa, non suggeriscono tuttavia elementi normativi o di indagine utili a cogliere l'effetto di tali impatti. Non risulta pertanto facile elaborare domande non banali sul tema, sebbene la rilevazione di tali elementi rappresenta un fattore determinante nella comprensione dell'impatto che Industria 4.0 può produrre sul modo di fare business da parte delle imprese. A ciò si aggiunga che in ambito accademico sono stati proposti diversi framework concettuali per spiegare le diverse componenti di un modello di business e la loro relazione. Per tali motivi la nostra scelta iniziale si è indirizzata verso un modello teorico tra i più noti e pragmatici presenti in letteratura: il *Business Model Canvas* di Osterwalder, non escludendo di poter adottare anche modelli differenti in futuri sviluppi del lavoro.

Abbiamo usato questo modello perché scompone il BM in una serie di sottoinsiemi di maggior dettaglio e perché questi fanno riferimento diretto a funzioni aziendali ben definite. D'altronde, quando si parla di nuovi modelli di business legati al 4.0, siamo di fronte ad una letteratura scarsa e a un numero irrisorio di casi studio dai quali è quasi impossibile generalizzare delle regole o astrarre domande specifiche. Proprio con lo scopo di indagare le conseguenze sul modello di business derivanti dall'implementazione del paradigma Industria 4.0, nei questionari sono presenti domande volte ad indagare ognuna delle 9 stanze del Business Model Canvas.

### Sulla filiera

L'elaborazione delle domande sulle risorse relazionali fornisce una grande mole di informazioni sia rispetto al grado di pervasività dell'approccio Industria 4.0 lungo una specifica filiera produttiva (e, a livello intersettoriale, tra filiere differenti), che rispetto ai cambiamenti nel design del modello di *business* delle imprese. La disponibilità di tali mappature rappresenta un valore aggiunto non

solo per gli analisti e per i *policy maker* ma anche per le stesse aziende. Queste potrebbero accedere infatti ai dati relativi l'impatto della "quarta rivoluzione industriale" sulla propria filiera ed essere stimolate dalla presenza di partner più maturi con i quali instaurare meccanismi di apprendimento collegati a Industria 4.0 o essere, a loro volta, elementi trainanti dell'intera filiera. Ciò condurrebbe ad un circolo virtuoso potenzialmente in grado di accrescere in modo più che proporzionale il valore dell'intera filiera.

Basandoci sulle nostre esperienze di ricerca, ci preme comunque sottolineare che la mappatura del *network* relazionale di un'organizzazione (nel caso specifico la rete di filiera) tramite una *survey* non è una missione banale. In alcuni casi, nella compilazione del questionario può risultare difficoltoso per l'impresa ricostruire, la propria rete di relazioni e ciò potrebbe condurre a mappature parziali di non agevole intelligibilità. Per ovviare a tale criticità si può prevedere l'applicazione di metodologie che consentano di ricostruire a posteriori la rete di filiera sulla base dei dati ottenuti dai questionari.

## Conclusioni

Il bilancio del primo anno del "Piano Industria 4.0" non può e non deve limitarsi al solo impatto economico dell'articolato pacchetto di interventi governativi. I dati relativi al primo semestre ci confermano una crescita sostanziale (e preventivata) degli ordinativi industriali per macchinari "Calenda approved", un +9% che attesta la ritrovata fiducia delle imprese e l'effettiva attesa degli operatori per interventi di questo tipo. È un buon passo, ma solo un primo passo.

A nostro avviso occorre adesso proseguire nel solco di quanto fatto, spingendo più avanti l'asticella e le aspettative. Sostenere approcci critici (perché il 4.0 non è distruttivo in sé) e pragmatici (perché il percorso verso il 4.0 è un fenomeno inevitabile), sfuggendo alla contrapposta guerra fra luddisti 4.0 e i sostenitori acritici delle "magnifiche sorti et progressive" del nuovo paradigma. Occorre cioè portare avanti quell'operazione culturale, già iniziata, di informazione e sensibilizzazione per e nella società, al fine di far emergere la consapevolezza che 4.0 non è necessariamente un fenomeno distruttivo, bensì un nuovo sistema che contiene i semi di uno sviluppo condiviso. Occorre contribuire ad affermare il concetto – neutro - del "4.0 come la continuazione dell'economia reale con altri mezzi digitali". Noi continueremo a far sì che, a livello di discorso pubblico, si passi dall'idea di una rivoluzione, che tradizionalmente non è un pranzo di gala, a quella di evoluzione, ovvero un percorso fluido, all'interno dell'ordine naturale delle cose.

Per questo bisogna riprendere laddove ci si era fermati. L'edizione 2018 del piano Calenda ci fa, da questo punto di vista, ben sperare. Il credito d'imposta per la for-

mazione, la (ritardata) implementazione dei Digital Innovation Hub e dei Competence Center, oltre che la riproposizione dei contributi in conto interessi per l'acquisto di tecnologie 4.0 rappresentano un buon insieme di politiche per supportare la transizione digitale.

Il nostro auspicio è quello che si inizi a "Pensare in 4.0": questo può allargare l'orizzonte di chi fa impresa e di chi lavora, di chi promuove le politiche e chi le recepisce. Pensare e progettare in un'ottica di 4.0 significa ribadire il concetto della centralità dell'uomo, misura di tutte le cose – anche quelle digitali.



# Bibliografia

- Alliance, Agile (2001), Agile Manifesto. Ultimo accesso 21/07/2017: <http://agilemanifesto.org/>
- 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>
- Business Consulting Group (2015), Man and Machine in Industry 4.0. Ultimo accesso 24/07/17: <https://www.bcgperspectives.com/content/articles/technology-business-transformation-engineered-products-infrastructure-man-machine-industry-4/>
- Camera dei Deputati - Commissione Attività produttive, commercio e turismo, Indagine conoscitiva su « Industria 4.0 »: quale modello applicare al tessuto industriale italiano. Strumenti per favorire la digitalizzazione delle filiere industriali nazionali, 2016
- Cervelli, G., Pira, S., Trivelli, L., Editor: Fantoni, G. (2017), Industria 4.0 senza slogan, Towel Publishing. Ultimo accesso 23/07/17: <http://www.industria40senzaslogan.it/il-libro/>
- DIN SPEC 91345:2016-04 Reference Architecture Model Industrie 4.0 (RAMI4.0)
- European Foundation for Quality Management, Il modello EFQM per l'eccellenza: Federmeccanica (2016), I risultati dell'indagine Industria 4.0 condotta da Federmeccanica. Ultimo accesso 24/07/17: <http://www.federmeccanica.it/imagenes/eventi/Industria40-in-Italia-indagine-di-federmeccanica.pdf>
- IRPET (2017). Posizionamento tecnologico delle supply chain Toscane sul tema Fabbrica 4.0 DRAFT 10 aprile 2017
- Istituto di Studi e Ricerche - CCIAA Massa-Carrara (2017), L'impronta digitale delle imprese apuane nell'era della quarta rivoluzione industriale.
- Lichtblau, K., Stich, V., Bertenrath, R., Blum, M., Bleider, M., Millack, A., Schmitt, K., Schmitz, E., & Schröter, M. (2015), Industrie 4.0-Readiness. Frankfurt am Main: ImpulsStiftung für den Maschinenbau, den Anlagenbau und die Informationstechnik. Ultimo accesso 24/07/17: <http://www.impuls-stiftung.de/documents/3581372/4875835/Industrie+4.0+Readiness+IMPULS+Studie+Oktober+2015.pdf/447a6187-9759-4f25-b186-b0f5eac69974>

- 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%20\\_conferenza\\_21\\_9](http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Industria_40%20_conferenza_21_9)
- Ministero dello Sviluppo Economico (2017). Piano nazionale industria 4.0. Ultimo accesso 24/07/17: [http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/guida\\_industria\\_40.pdf](http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/guida_industria_40.pdf)
- Osterwalder, A., & Pigneur, Y. (2010). *Business model generation: a handbook for visionaries, game changers, and challengers*. John Wiley & Sons
- PricewaterhouseCoopers (2014), Industry 4.0 - Opportunities and challenges of the industrial internet. Ultimo accesso: 24/07/17: <https://www.pwc.nl/en/assets/documents/pwc-industrie-4-0.pdf>
- PricewaterhouseCoopers (2016), Industry 4.0: Building the digital enterprise - Global Industry 4.0 Survey. Ultimo accesso 24/07/17: <https://www.pwc.com/gx/en/industries/industries-4.0/landing-page/industry-4.0-building-your-digital-enterprise-april-2016.pdf>
- Questionario autovalutazione, Politecnico di Milano Manufacturing Group - School of Management, Assoconsult, Industria 4.0 - verso la digitalizzazione. Ultimo accesso 21/07/2017: <https://www.testindustria4-0.com/>
- Regione Toscana - Giunta Regionale (2016), Indirizzi per l'attuazione della Strategia Industria 4.0, decisione di Giunta regionale n. 20 del 11.04.2016
- Regione Toscana - Giunta Regionale (2016), Industria 4.0: il sistema manifatturiero regionale verso l'economia digitale, documento di lavoro - allegato A, decisione di Giunta regionale n. 20 del 11.04.2016
- Regione Toscana - Giunta Regionale (2017) Piattaforma regionale industria 4.0. Programma di attività, decisione di Giunta regionale n. 10 del 20.03.2017
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier J., ten Hompel, M., Wahlster, W. (Eds.) (2017), *Industrie 4.0 Maturity Index. Managing the Digital*
- Transformation of Companies (acatech STUDY), Munich: Herbert Utz Verlag. Ultimo accesso 24/07/17: [http://www.acatech.de/fileadmin/user\\_upload/Baumstruktur\\_nach\\_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech\\_STUDIE\\_Maturity\\_Index\\_eng\\_WEB.pdf](http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf) [in corso di traduzione ad opera della Regione Toscana]
- 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-contattogiancarlo-oriani-G-oriani-staufen.html>
- UNI EN ISO 19011:2012 Linee guida per audit di sistemi di gestione

UNI EN ISO 9001:2015 Sistemi di gestione per la qualità

UNI EN ISO 9004:2009 Gestire un'organizzazione per il successo durevole

Wang, D., Amin, M. T., Li, S., Abdelzaher, T., Kaplan, L., Gu, S., ... & Wang, X. (2014), Using humans as sensors: an estimation-theoretic perspective. In Information Processing in Sensor Networks, IPSN-14 Proceedings of the 13th International Symposium on (pp. 35-46). IEEE

Wee, D., Kelly, R., Cattel, J. & Breunig, M., 2015. Industry 4.0 - How to Navigate Digitization of the Manufacturing sector. McKinsey & Company. [https://www.mckinsey.de/files/mck\\_industry\\_40\\_report.pdf](https://www.mckinsey.de/files/mck_industry_40_report.pdf)

Weisz, B. (2016). Quanto costa l'upgrade di un'azienda al modello industry 4.0. AgendaDigitale.eu. Ultimo accesso 24/07/17: [http://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/quanto-costa-l-upgrade-di-un-azienda-al-modello-industry-40\\_1978.htm](http://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/quanto-costa-l-upgrade-di-un-azienda-al-modello-industry-40_1978.htm)

## Ulteriori approfondimenti

Associazione Cluster Fabbrica Intelligente (2015). Roadmap per la ricerca e l'innovazione. Ultimo accesso 24/07/17: <http://www.fabbricaintelligente.it/wp-content/uploads/Booklet-Fabbrica-Intelligente-2015-PAGINE-SINGOLE.pdf>

Assolombarda (2016). Industria 4.0, Position paper n. 02/2016. Ultimo accesso 24/07/17: <http://www.assolombarda.it/centro-studi/position-paper-industria-4.0>

Assolombarda e Università di Milano Bicocca-CRISP (2015). Alla ricerca delle competenze 4.0, Ricerca n.03/2015. Ultimo accesso 24/07/17: <http://www.assolombarda.it/centro-studi/competenze-4.0-rev>

Distretto tecnologico ICT e Robotica, Regione Toscana (2012). Programma strategico di sviluppo. Ultimo accesso 24/07/17: [http://www.sviluppo.toscana.it/fesrtest/getfile.php?filename=07\\_Verso+la+Smart+Specialisation%2F03\\_Documenti+poli+innovazione+e+distretti+tecnologici%2F22\\_PSS+ict.pdf](http://www.sviluppo.toscana.it/fesrtest/getfile.php?filename=07_Verso+la+Smart+Specialisation%2F03_Documenti+poli+innovazione+e+distretti+tecnologici%2F22_PSS+ict.pdf)

European Commission (2010). Una politica industriale integrata per l'era della globalizzazione: Riconoscere il ruolo centrale di concorrenzialità e sostenibilità. Ultimo accesso 24/07/17: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0614&from=IT>

European Commission (2012). Guide to Research and Innovation Strategies for Smart Specialisation (RIS 3). Ultimo accesso 24/07/17: [http://ec.europa.eu/regional\\_policy/sources/docgener/presenta/smart\\_specialisation/smart\\_ris3\\_2012.pdf](http://ec.europa.eu/regional_policy/sources/docgener/presenta/smart_specialisation/smart_ris3_2012.pdf)

European Commission-EFFRA (2010). Factory of Future PPP Strategic multiannual roadmap. Ultimo accesso 24/07/17: [http://www.fimecc.com/sites/www.fimecc.com/files/20121129\\_FoFRoadmap2020\\_ValidationEdition2012.pdf](http://www.fimecc.com/sites/www.fimecc.com/files/20121129_FoFRoadmap2020_ValidationEdition2012.pdf)

- Hecklau, F., Galeitzke, M., Flachs, S., & Kohl, H. (2016). Holistic approach for human resource management in Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 54, 1-6.
- IRPET (in collaborazione con QUINN) (2016). Analisi degli ambiti prioritari di domanda e offerta di tecnologie per la “Fabbrica Intelligente”. Firenze, aprile 2016
- Regione Toscana - Giunta Regionale Assessorato all'istruzione, formazione e lavoro (2017). Strategia regionale Industria 4.0 Competenze per l'economia digitale: primi indirizzi per la formazione 4.0. Decisione n. 9 del 31.01.2017

## **Per ulteriori approfondimenti**

- Baldoni, R., Montanari, L., 2015. Italian Cyber Security Report. Ultimo accesso: 17/01/17 [http://www.cybersecurityframework.it/sites/default/files/CSR2015\\_web.pdf](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](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](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](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](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 [http://www.irpet.it/wp-content/uploads/2016/10/fabbrica\\_intelligente\\_bertini-fesr-04-2016.pdf](http://www.irpet.it/wp-content/uploads/2016/10/fabbrica_intelligente_bertini-fesr-04-2016.pdf)
- 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](http://www.sviluppoeconomico.gov.it/images/stories/documenti/Industria_40%20conferenza_21_9)
- Morelli, C., Santinello, P., 2016. La Fabbrica Diffusa 4.0 e il Social Media Production Planning: una nuova organizzazione della produzione. Ultimo accesso: 16/02/17 [https://issuu.com/paolosantinello/docs/la\\_fabbrica\\_diffusa\\_e\\_il\\_social\\_med](https://issuu.com/paolosantinello/docs/la_fabbrica_diffusa_e_il_social_med)
- 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-contattogiancarlo-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-4\\_1978.htm](http://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/quanto-costa-l-upgrade-di-un-azienda-al-modello-industry-4_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>
- Fondazione Giacomo Brodolini: <http://www.fondazionebrodolini.it/>

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/>

# Autori

## **Gualtiero Fantoni**

*Dipartimento di ingegneria Civile ed Industriale - Università di Pisa*  
[g.fantoni@ing.unipi.it](mailto:g.fantoni@ing.unipi.it)

## **Gloria Cervelli**

*Dipartimento di ingegneria Civile ed Industriale - Università di Pisa*  
[glo\\_C89@hotmail.it](mailto:glo_C89@hotmail.it)

## **Simona Pira**

*Dipartimento di ingegneria Civile ed Industriale - Università di Pisa*  
[pira.simona@gmail.com](mailto:pira.simona@gmail.com)

## **Leonello Trivelli**

*Dipartimento di ingegneria Civile ed Industriale - Università di Pisa*  
[leo.trivelli@gmail.com](mailto:leo.trivelli@gmail.com)

## **Chiara Mocenni**

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche - Università di Siena*  
[chiara.mocenni@unisi.it](mailto:chiara.mocenni@unisi.it)

## **Roberto Zingone**

*Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche - Università di Siena*  
[zingbert@gmail.com](mailto:zingbert@gmail.com)

## **Tommaso Pucci**

*Dipartimento di Studi Aziendali e Giuridici - Università di Siena*  
[tommaso.pucci@unisi.it](mailto:tommaso.pucci@unisi.it)



## Contributori

Il libro è stato realizzato grazie al contributo e alle interviste dei seguenti professori, ricercatori, imprenditori:

Davide Aloini, Massimo Alvino, Giuseppe Anastasi, Riccardo Apreda, Giacomo Baldi, Sandro Barone, Leonardo Bertini, Simone Bertini, Silvio Bianchi Martini, Antonio Bicchi, Marcello Braglia, Elisabetta Brunazzi, Gianni Campatelli, Simone Capaccioli, Mario Giovanni Cosimo Antonio Cimino, Antonio Cisternino, Maurizio Davini, Carmelo De Maria, Luca De Santis, Pierpaolo Degano, Felice Dell'Orletta, Umberto Desideri, Andrea Di Benedetto, Gino Dini, Gianluca Dini, Pietro Ducange, Franco Failli, Luca Fanucci, Paolo Ferragina, Giovanni Ferrara, Alessio Ferrari, Gian-Luigi Ferrari, Vincenzo Ferrari, Davide Fiaschi, Marco Frosolini, Chiara Galletti, Vincenzo Gervasi, Stefano Giordano, Alessandro Guadagni, Giuseppe Iannaccone, Michele Lanzetta, Beatrice Lazzerini, Domenico Loschiavo, Antonella Magliocchi, Marco Magnarosa, Giuliano Manara, Francesco Marcelloni, Alberto Marinai, Antonella Martini, Roberto Mauri, Daniele Mazzei, Enzo Mingozzi, Gabriele Montelisciani, Cristiano Nicolella, Francesco Oppedisano, Lucia Pallottino, Dino Pedreschi, Giacomo Petrini, Michele Petroni, Marco Pierini, Roberto Pini, Lorenzo Pollini, Cosimo Antonio Prete, Monica Puccini, Marco Raugi, Armando Viviano Razionale, Alessandra Rigolini, Lucio Russo, Sauro Salvadori, Marco Santochi, Sergio Saponara, Claudio Scali, Maurizia Seggiani, Giovanni Stea, Angela Tarabella, Alberto Toccafondi, Leonardo Tognotti, Alessandro Tredicucci, Gigliola Vaglini, Renzo Valentini, Sandra Vitolo, Giovanni Vozi, Lorenzo Zanni.



Fin dalla sua costituzione, la **Fondazione Giacomo Brodolini** si è preoccupata di diffondere la conoscenza dell'attività scientifica e culturale svolta. L'attività editoriale è divenuta nel corso degli anni sempre più intensa, al punto da avviare, nel 1984, una linea nuova per pubblicare i principali risultati dell'attività di ricerca. Nascono i **Quaderni della Fondazione Brodolini**. Negli anni, viene collezionata una serie di volumi che mettono a disposizione del mondo scientifico, universitario e delle organizzazioni sociali, i risultati dell'attività di ricerca svolta dalla **Fondazione** in tutti gli ambiti di studio.

I **Quaderni della Fondazione Brodolini** si dividono in due collane.

### Le culture del socialismo italiano

La collana **Le Culture del Socialismo** pubblica i risultati delle iniziative culturali (atti di convegni, saggi, ricerche, ristampe, inediti) promosse dal seminario permanente a carattere interdisciplinare "Le Culture del Socialismo italiano". Il seminario, attivo presso la **Fondazione**, ha intrapreso un'attività di studio, ricerca e dibattito politico-culturale sui diversi periodi che caratterizzano la storia del Socialismo italiano. Nella collana è prevista, inoltre, la pubblicazione di testi che, pur non essendo un prodotto delle iniziative culturali del seminario, hanno una diretta attinenza con i temi trattati.

1. *Francesco De Martino e il suo tempo. Una stagione del socialismo*, a cura di Enzo Bartocci, pp. 300, Edizioni FGB 2009
2. *Una stagione del riformismo socialista. Giacomo Brodolini a 40 anni dalla sua scomparsa*, a cura di Enzo Bartocci, pp. 326, Edizioni FGB 2010
3. *Lombardi 2013. Riforme di struttura e alternativa socialista*, a cura di Enzo Bartocci, pp. 370, Edizioni FGB 2014
4. *Le culture politiche ed economiche del socialismo italiano dagli anni '30 agli anni '60*, a cura di David Bidussa e Andrea Panaccione, pp. 250, Edizioni FGB 2015
5. *Programmazione, cultura economica e metodo di governo*, a cura di Enzo Russo, pp. 274, Edizione FGB, 2015
6. *Contesti, valori, idee di Adriano Olivetti*, a cura di Giorgio Cavalca e Andrea Panaccione, pp. 104, Edizioni FGB 2016

## Studi e ricerche

La collana **Studi e Ricerche** presenta i risultati dell'attività di ricerca svolta dalla **Fondazione** nelle aree che, nel tempo, sono diventate il centro delle sue iniziative culturali: occupazione, sviluppo locale, valutazione delle politiche pubbliche, politiche sociali, pari opportunità, storia.

1. *Diritti sindacali e democrazia dell'impresa in Europa, i recenti sviluppi in Italia, Francia, Spagna, Grecia*, a cura di Elena Pisani, pp. 162, Marsilio Editori 1984
2. *Osservatorio regionale sul mercato del lavoro e politiche del lavoro. Un confronto su alcune situazioni regionali*, a cura di Ugo Ascoli, pp. 100, Marsilio Editori 1984
3. *Una legge per la democrazia industriale*, a cura di Franco Carinci e Marcello Pedrazzoli, pp. 163, Marsilio Editori 1984
4. *La democrazia sindacale in Italia. Dibattito italiano ed esperienze europee: Francia, Spagna, Gran Bretagna, Germania*, pp. 214, Marsilio Editori 1984
5. *Sindacato e riforma istituzionale*, Antonio Baldassarre, Piero Craveri, Luigi Mengoni, Tiziano Treu, pp. 126, Marsilio Editori 1984
6. *Il ruolo del volontariato nell'assistenza agli anziani*, a cura di Renzo Scortegagna, pp. 162, Marsilio Editori 1985
7. *Professionalità e formazione nel settore delle costruzioni. I quadri intermedi*, di Franco B. Franciosi e Carlo Rossi, pp. 178, Marsilio Editori 1985
8. *Nuove tecnologie e informatizzazione nei processi d'ufficio: studi di casi nella Pubblica Amministrazione*, a cura di Paolo Calza Bini, pp. 147, Marsilio Editori 1985
9. *I potenziali di sviluppo industriale endogeno nel mezzogiorno d'Italia*, a cura di Anna Salghetti-Drioli, pp. 230, Marsilio Editori 1985
10. *Dall'exportazione al marketing internazionale*, di Franco Bosello e Michele Orcalli, pp. 170, Marsilio Editori 1985
11. *La partecipazione nel pubblico impiego*, di Sabino Cassese, Umberto Romagnoli, Massimo Severo Giannini, pp. 124, Marsilio Editori 1985
12. *Sappi che oggi è la tua festa... per la storia del 1° maggio*, a cura di Andrea Panaccione, pp. 150, Marsilio Editori 1986
13. *Mercato del lavoro giovanile. Analisi e previsioni 1973-94*, a cura di Marina Schenkel, pp. 98, Marsilio Editori 1986
14. *Imprese e risorse umane nella transizione. Uno studio di casi sulle trasformazioni in atto nei mercati interni del lavoro*, a cura di Paolo Calza Bini, pp. 180, Marsilio Editori 1986
15. *Le politiche del lavoro in Europa agli inizi degli anni ottanta*, A.A.V.V., pp. 277, Marsilio Editori 1986
16. *Flessibilità e competizione nella teoria del mercato del lavoro. Modelli dei mercati interni e delle integrazioni salariali*, di Paolo Garonna e Pier Angelo Mori, pp. 108, Marsilio Editori 1987

17. *Uno statuto per la democrazia sindacale. Atti della giornata di studio organizzata dalla Fondazione G. Brodolini, A.A.V.V.*, pp. 86, Marsilio Editori 1987
18. *La nostalgia nella valigia. Emigrazione di lavoro e disagio mentale*, di Sergio Mellina, pp. 327, Marsilio Editori 1987
19. *Agricoltura e sistemi locali di formazione*, di Giovanni Mottura, Enrico Pugliese e Bruno Veneziani, pp. 205, Marsilio Editori 1988
20. *L'impresa possibile. Modelli e processi di job creation in Italia e nei paesi industrializzati*, a cura di Renato Brunetta e Anna Salghetti-Drioli, pp. 181, Marsilio Editori 1988
21. *May Day celebration*, a cura di Andrea Panaccione, pp. 214, Marsilio Editori 1988
22. *Fascismo e sindacalismo*, di Bruno Buozzi e Vincenzo Nitti, a cura di Giuseppe Bonanni, pp. 227, Marsilio Editori 1988
23. *I servizi alle imprese. Attori e comportamenti della politica industriale locale, A.A.V.V.*, pp. 107, Marsilio Editori 1988
24. *Job creation, cooperazione, autogestione*, a cura di Carlo Rossi, pp. 195, Marsilio Editori 1989
25. *L'internazionale socialista dal 1951 al 1983*, di Lucio Pesetti, pp. 190, Marsilio Editori 1989
26. *Il riformismo nelle campagne. Da Argentina Altobelli all'agronica*, a cura di Fulvio Beato, pp. 174, Marsilio Editori 1989
27. *I luoghi e i soggetti del 1° maggio*, a cura di Andrea Panaccione, pp. 185, Marsilio Editori 1990
28. *Le metamorfosi del 1° maggio. La festa del lavoro in Europa tra le due guerre*, a cura di Alceo Riosa, pp. 202, Marsilio Editori 1990
29. *La crescita del terziario per il sistema produttivo. Un confronto su alcune situazioni regionali promosso da Ires Cgil Marche e Fondazione G. Brodolini di Ancona*, a cura di Ugo Ascoli, pp. 238, Marsilio Editori 1991
30. *Programmare gli investimenti in formazione. Metodi per la valutazione economica dei programmi di Formazione Professionale*, a cura di Renato Guarini, pp. 215, Marsilio Editori 1991
31. *Lo stato sociale da Brodolini ad oggi, A.A.V.V.*, pp. 167, 1991, Marsilio Editori 1991
32. *L'insegnamento dell'economia in un biennio riformato*, di Francesco Campanella, pp. 123, Marsilio Editori 1991
33. *Disoccupazione meridionale ed "enterprise creation"*, a cura di Pasquale Lucio Scandizzo, pp. 284, Marsilio Editori 1992
34. *La flessibilizzazione del tempo di lavoro*, a cura di Leonello Tronti e Alberto Cucchiarelli, pp. 253, Marsilio Editori 1992
35. *Lavoro pubblico e spesa pubblica*, a cura di Antonio Bellacicco e Leonello Tronti, pp. 232, Marsilio Editori 1992
36. *Il contributo del mondo del lavoro e del sindacato alla repubblica e alla costituzione, A.A.V.V.*, pp. 163, 1998, Edizioni Lavoro 1998

37. *L'identità italiana: emigrazione, immigrazione, conflitti etnici*, a cura di Enzo Bartocci e Vittorio Cotesta, pp. 336, Edizioni Lavoro 1999
38. *L'evoluzione del sistema di protezione sociale in Italia*, A.A.V.V., 128, Edizioni Lavoro 2000
39. *Telelavoro tra immaginario e realtà: Buone pratiche e regolazione nelle imprese*, a cura di Mirella Giannini, pp. 176, IMAGE sas 2006
40. *Mai stato meglio di così: i risultati di uno studio transnazionale effettuato su uomini che svolgono professioni femminili*, a cura di Paola Di Cori, pp. 85, IMAGE sas 2006
41. *Inclusive labour markets? An italian overview by regional data*, edited by Marcella Corsi, pp. 292, Edizioni FGB 2006
42. *Job instability and family trends*, pp. 336, Edizioni FGB 2006
43. *Le politiche contro la dispersione scolastica: efficacia ed impatti. Quali attori per quali prospettive*, 3 voll. pp. 762, Edizioni FGB 2007
44. *Interventi contro le ripetenze e la dispersione scolastica - Il progetto R.I.DI.SCO nella Provincia di Roma*, a cura di Paola Mengoli, pp. 128, Edizioni FGB 2007
45. *The labour impact of globalization of the automotive industry. A comparison of the Italian, German, Spanish, and Hungarian Motor Industries*, edited by Paolo Caputo and Elisabetta Della Corte, pp. 306, Edizioni FGB 2008
46. *Lavoro di cura e crescita economica in Umbria*, a cura di Fiorenza Deriu, pp. 140, Edizioni FGB 2010
47. *The main dimensions of work attitudes*, a cura di Bruno Calvetta con il contributo di Federico Lucidi e Gabriele Ruii, pp. 88, Edizioni FGB 2008
48. *Il ruolo del Fondo Sociale Europeo nel pacchetto legislativo comunitario 2014-2020 e l'iniziativa a favore dell'occupazione giovanile*, di Bruno Calvetta, pp. 51, Edizioni FGB 2014
49. *Enabling Social Innovation. Ecosystems for Community-Led Territorial Development*, a cura di Fabio Sgaragli, pp. 181, Edizioni FGB 2014
50. *I Piani Locali per il Lavoro: uno strumento per il lavoro e lo sviluppo territoriale*, a cura di Giuseppe Critelli e Cosimo Cuomo, pp. 122, Edizioni FGB 2015
51. *Laboratori urbani. Organizzare la rigenerazione urbana attraverso la cultura e l'innovazione sociale*, a cura di Fabrizio Montanari e Lorenzo Mizzau, pp. 166, Edizioni FGB 2015
52. *Indagine sulla bilateralità in Italia, Germania, Spagna, Svezia*, a cura di Pasquale Sandulli, Michele Faioli, Paola Bozzao, Maria Teresa Bianchi e Giuseppe Croce, pp. 358, Edizioni FGB 2015
53. *Leadership economica, transizioni demografiche e migrazioni internazionali il caso della Cina. La storia ricomincia dall'Est. Sette dialoghi su migrazioni, mercato del lavoro e scenari demografici, su Cina e leadership mondiale e su molto altro ancora*, di Michele Bruni, pp. 274, Edizioni FGB 2016

54. *Povert  ed inclusione sociale in Italia: sfide e cambiamenti all'inizio della nuova programmazione dei fondi strutturali*, a cura di Giancarlo Dente e Giuseppe Fiorani, pp. 310, Edizioni FGB 2016
55. *I luoghi dell'innovazione aperta. Modelli di sviluppo territoriale e inclusione sociale*, a cura di Fabrizio Montanari e Lorenzo Mizzau, pp. 214, Edizioni FGB 2016
56. *La democrazia deliberativa. Teoria e prassi della partecipazione popolare alle scelte di governo al tempo della crisi della politica, dei partiti e delle istituzioni*, di Giuseppe Marchionna, pp. 218, Edizioni FGB 2016
57. *Buone pratiche europee per il POR Sardegna FSE. Alta formazione, occupabilit , immigrazione*, a cura di Graziano di Paola e Alberto Vergani, pp. 252, Edizioni FGB 2016
58. *Industria 4.0 senza slogan*, di Gloria Cervelli, Simona Pira, Leonello Trivelli, a cura di Gualtiero Fantoni, pp. 146, Edizioni FGB 2017
59. *Cities as Engines of Innovation and Inclusive Growth. A Transatlantic Journey EU-USA*. Edited by Fabrizio Montanari, Fabio Sgaragli, Diego Teloni, pp. 162, Edizioni FGB 2017

