



**UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE**  
**FACOLTA' DI INGEGNERIA DELL'INFORMAZIONE**

---

Corso di Laurea triennale in INGEGNERIA INFORMATICA E DELL'AUTOMAZIONE

**Soluzioni software per la raccolta di dati multimediali negli scenari della robotica  
per l'Industry 4.0**

*Software solutions for collection of multimedia data in robotics scenarios for  
Industry 4.0*

Relatore: Chiar.mo/a

**Prof. Emanuele Frontoni**

Tesi di Laurea di:

**Francesco Baioni**

A.A. 2019/2020



Una volta Einstein disse: “*L’immaginazione è più importante della conoscenza. La conoscenza è limitata, l’immaginazione abbraccia il mondo*”.

Beh, questo è fantastico...



# Sommario

I software o applicazioni disponibili oggi e commercializzate nell'ambito dell'industria 4.0 sono molteplici. In un mondo dove la *smart factory* si sta diffondendo a macchia d'olio, è utile rimanere al passo coi tempi utilizzando una tra queste soluzioni, al fine di garantire produttività e maggiore organizzazione all'interno delle aziende.

Obiettivo di questa tesi, perciò, è quello di approfondire il tema dell'industria 4.0, analizzandone gli aspetti più importanti e studiandone i problemi e le relative soluzioni, fornendo anche degli esempi di software utilizzati di fatto per la raccolta di dati.

A supporto di ciò, viene poi proposta la descrizione dell'esperienza di tirocinio coadiuvata dall'azienda marchigiana *Campetella Robotic Center*, con lo scopo esemplificativo di illustrare uno degli infiniti modi attraverso i quali potersi approcciare alla nuova tipologia di azienda 4.0. Infine, vengono analizzati i risultati di tale esperienza e ne vengono discusse le conclusioni.



# Indice

<b>Sommario</b>	<b>3</b>
<b>Elenco delle figure</b>	<b>6</b>
<b>Introduzione</b>	<b>7</b>
<b>1 L'Industria 4.0</b>	<b>9</b>
1.1 Introduzione . . . . .	9
1.2 I Pilastri . . . . .	11
1.2.1 Big Data Analytics . . . . .	11
1.2.2 Autonomous Robot . . . . .	12
1.2.3 Simulation . . . . .	14
1.2.4 Horizontal and vertical system integration . . . . .	14
1.2.5 Internet of Things . . . . .	15
1.2.6 Cybersecurity . . . . .	16
1.2.7 Cloud computing . . . . .	16
1.2.8 Additive manufacturing . . . . .	17
1.2.9 Augmented reality . . . . .	18
1.3 L'etica: il rapporto uomo-macchina . . . . .	19
1.3.1 La Roboetica . . . . .	20
1.3.2 L' <i>Homo technologicus</i> . . . . .	22
1.3.3 Le emozioni artificiali . . . . .	24
<b>2 Soluzioni software per la raccolta di dati</b>	<b>26</b>
2.1 Raccolta dati di basso livello . . . . .	26
2.2 MES . . . . .	28
2.3 Cloud . . . . .	30
2.3.1 Amazon Web Services . . . . .	31

<b>3 Case study</b>	<b>34</b>
3.1 Campetella Robotic Center srl . . . . .	34
3.2 Definizione del problema . . . . .	35
3.3 Architettura acquisizione dati . . . . .	35
3.4 Visualizzazione dati . . . . .	39
<b>Conclusioni</b>	<b>42</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>46</b>
<b>Ringraziamenti</b>	<b>47</b>



# Elenco delle figure

1.1	I pilastri dell'industria 4.0 (fonte: Boston Consulting Group [1])	12
1.2	Cyro, il Robot Medusa (fonte: HDblog [2]) . . . . .	13
1.3	Internet of Things (fonte: e-zigurat [3]) . . . . .	15
1.4	<i>Augmented reality</i> . . . . .	19
1.5	Machina Ex Deus - Prometeo (fonte: Scienza&Tecnologia [4])	23
1.6	Esempi di "animali digitali" . . . . .	25
2.1	Gerarchia dei sistemi di produzione (fonte: KEY4 [5]) . . . . .	27
2.2	Rappresentazione del MES (fonte: Qualitas Informatica [6]) .	28
2.3	Principali servizi offerti da AWS . . . . .	32
3.1	Kit IoT per la trasmissione di dati tramite MQTT . . . . .	36
3.2	Cella di automazione multi-robot . . . . .	37
3.3	Schede di acquisizione (fonte: Analog Devices [7]) . . . . .	37
3.4	Esempi dei valori campionati . . . . .	39
3.5	Dashboard . . . . .	40



# Introduzione

In questa era tecnologica si sente spesso parlare di robot, big data, IoT, cloud, CPS. Non tutti però sanno che c'è un filo conduttore ad unire tutti questi termini, ovvero “Industria 4.0”. Capire la genesi e lo sviluppo di quest'ultima significa pertanto fare chiarezza sulle tecnologie che la digital transformation ingloba e che, sempre più, vengono introdotte all'interno delle fabbriche.

L'Industria 4.0 è quindi, da alcuni anni, al centro della trasformazione economico sociale, una trasformazione che sta scatenando, in maniera radicale, dei cambiamenti nella società in cui viviamo. Con “Industria 4.0” si intende, di base, un modello di produzione e gestione aziendale. Secondo una definizione che ne dà il Mise (Ministero dello Sviluppo Economico), gli elementi che caratterizzano il fenomeno sono «connessione tra sistemi fisici e digitali, analisi complesse attraverso Big Data e adattamenti real time». In altre parole si riferisce all'utilizzo di macchinari connessi ed interconnessi ad internet, all'analisi delle informazioni ricavate dalla rete ed alla possibilità di una gestione più flessibile del ciclo produttivo. Tutto questo è possibile in uno scenario dove le tecnologie utilizzate spaziano dalle stampanti 3D ai robot programmati per precise e particolari funzioni, passando per la gestione e l'analisi dei dati atti a rilevare debolezze e punti di forza della produzione.

Obiettivo del presente studio è pertanto quello di dare una definizione cercando di far chiarezza su ciò che si intende per *Industry 4.0* e di analizzare le sue implicazioni, quindi problematiche relative alla raccolta dati e la loro risoluzione, portando esempi a sostegno. Nel *primo capitolo*, dunque, si entrerà maggiormente nel dettaglio del termine, da dove nasce, in cosa consiste, quali sono e saranno le conseguenze a cui inevitabilmente andremo incontro, problemi e soluzioni da poter adottare. Si parlerà dei pilastri su cui essa fonda le sue basi, fornendo un'analisi di ognuno di questi per concludere con l'aspetto etico del termine. Quest'ultimo rappresenta un argomento molto discusso e che suscita pareri assai contrastanti, essendo paragonabile,

potenzialmente, ad un problema filosofico.

Di seguito, nel *secondo capitolo* si analizzeranno le possibili soluzioni software da utilizzare in questo ambito. Esistono, di fatto, diversi approcci attraverso i quali poter ricavare dati da macchinari di qualsivoglia genere e, pertanto, diversi software o applicazioni che permettono di fare ciò.

Infine nel *terzo ed ultimo capitolo* si è voluto descrivere l'esperienza di tirocinio, portando così una reale testimonianza sull'argomento, coadiuvata da un'azienda nota nella nostra regione come in tutta Italia, ovvero *Campetella Robotic Center srl*. Infatti, grazie all'ausilio di questi professionisti nel settore dell'automazione, si è avuta la possibilità di collegarsi da remoto ad un robot dotato di diverse schede elettroniche per la misura e l'acquisizione dei dati, avendo prova, anche se in minima parte, del potenziale dell'Industria 4.0.



# Capitolo 1

## L'Industria 4.0

### 1.1 Introduzione

L'*industria 4.0* rappresenta un concetto che negli ultimi anni, con il progredire delle tecnologie, si è sviluppato molto. Il termine Industria 4.0, di fatto, indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro, creare nuovi modelli di business e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti. Il nome deriva dall'iniziativa europea *Industry 4.0*, a sua volta ispirata ad un progetto del governo tedesco. Nello specifico la paternità del termine tedesco *Industrie 4.0* viene attribuita a Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster che lo impiegarono per la prima volta in una comunicazione, tenuta alla Fiera di Hannover del 2011, in cui preannunciarono lo "Zukunftsprojekt Industrie 4.0" [8]. Concretizzato alla fine del 2013, il progetto per l'industria del futuro Industrie 4.0 prevedeva investimenti su infrastrutture, scuole, sistemi energetici, enti di ricerca e aziende per ammodernare il sistema produttivo tedesco e riportare la manifattura tedesca ai vertici mondiali rendendola competitiva a livello globale.

I risultati ottenuti dalla Germania a livello produttivo hanno portato molti altri paesi a perseguire questa politica; per questo sono stati svolti numerosi studi fino ad ora atti a definire gli effetti delle nuove strategie (**Quarta rivoluzione industriale**) sul contesto sociale ed economico mondiale. Questi studi hanno evidenziato che, nei prossimi anni, fattori tecnologici e demografici influenzeranno profondamente l'evoluzione del lavoro, con l'effetto della creazione di 2 milioni di nuovi posti di lavoro e contemporanea perdita di

7 milioni di posti lavoro, con un saldo netto negativo di oltre 5 milioni di posti di lavoro. A livello di gruppi professionali, le perdite si concentreranno soprattutto nelle aree amministrative e della produzione. Secondo la ricerca compenseranno parzialmente queste perdite l'area finanziaria, il management, l'informatica e l'ingegneria. Cambiano di conseguenza le competenze e abilità ricercate: il problem solving rimarrà la competenza non specifica più ricercata, e, parallelamente, diventeranno più importanti il pensiero critico e la creatività [9].

Di rilievo, inoltre, è il concetto di *smart factory* che nell'industria 4.0 si compone di 3 parti:

1. Smart production: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione (operatore, macchine e strumenti);
2. Smart service: tutte le “infrastrutture informatiche” che permettono di integrare i sistemi e, in modo collaborativo, le aziende (fornitore – cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.);
3. Smart energy: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia secondo i paradigmi tipici dell'Energia sostenibile.

Alla base di questo concetto c'è l'idea di decentralizzazione, scalabilità e collaborazione tra sistemi, caratteristiche fondamentali e strettamente connesse all'industria 4.0.

Ma questo non è tutto. Le nuove tecnologie digitali avranno un impatto profondo nell'ambito di diverse direttrici di sviluppo: la prima riguarda sicuramente l'utilizzo dei dati, la potenza di calcolo, la connettività e il cloud computing, ovvero l'**IoT** (Internet of Things), che già da anni risulta essere molto affermata. Un'altra è rappresentata dagli **analytics**: una volta raccolti i dati, bisogna ricavarne valore. Oggi solo l'1% dei dati raccolti viene utilizzato dalle imprese, che potrebbero invece ottenere vantaggi a partire dal “machine learning” [9], dalle macchine cioè che perfezionano la loro resa imparando dai dati via via raccolti e analizzati. Un'altra direttrice di sviluppo fondamentale è l'**interazione tra uomo e macchina**, che coinvolge le interfacce “touch”, sempre più diffuse, e la realtà aumentata. Infine c'è tutto il settore che si occupa del **passaggio dal digitale al “reale”** e che comprende la manifattura additiva, la stampa 3D, la robotica, le comunicazioni,

le interazioni machine-to-machine e le nuove tecnologie per immagazzinare e utilizzare l'energia in modo mirato, razionalizzando i costi e ottimizzando le prestazioni.

In particolare, le prime due hanno una rilevanza maggiore poichè gettano le basi per creare un'efficiente infrastruttura informatica all'interno dell'azienda. Infatti, uno dei problemi più grandi che l'industria 4.0 deve affrontare è rappresentato dalla gestione della grande quantità di sensori per la raccolta dati, interconnessi contemporaneamente e, di conseguenza, dall'enorme mole di dati che da essi ne deriva.

Diverse sono le soluzioni proposte al fine di arginare questi problemi, come i sistemi MES, ERP e altri; alcuni sono descritti nel *secondo capitolo* di questa tesi. Tutti, però, condividono un funzionamento di base, dove dopo la raccolta dei dati, questi vengono visualizzati mediante apposite dashboard, parte integrante anche questa del processo di gestione.

Ed è proprio da qui che si è sviluppato il lavoro di tirocinio con l'azienda *Campetella Robotic Center*, partendo dall'utilizzo di appositi sensori, descritti poi nel *terzo capitolo*, i quali raccolgono dati che poi vengono visualizzati in real-time.

Questo processo risulta essere fondamentale per una corretta gestione della produzione all'interno di un'azienda.

## 1.2 I Pilastri

### 1.2.1 Big Data Analytics

Per *Big Data Analytics* si intende l'analisi di una grande mole di dati mediante tecniche analitiche avanzate, ovvero analisi ed estrapolazioni atte a mettere in relazione ingenti dati eterogenei, strutturati e non strutturati, allo scopo di scoprire i legami tra fenomeni diversi e prevedere quelli futuri. Lo stesso *Philip Russom* in un suo articolo scrive: “*Big data used to be a technical problem. Now it's a business opportunity*” [10], ovvero pone l'accento sul fatto che prima la grande mole di dati rappresentava un problema mentre ora un'opportunità di guadagno.

Di fatto, l'analisi dei big data consta di due elementi, *big data* e *analytics*, oltre a come i due si sono uniti per creare una delle tendenze più profonde nella *business intelligence* di oggi. Il primo riguarda il volume ma non solo; molto importanti sono anche velocità e varietà con cui i dati, eterogenei e



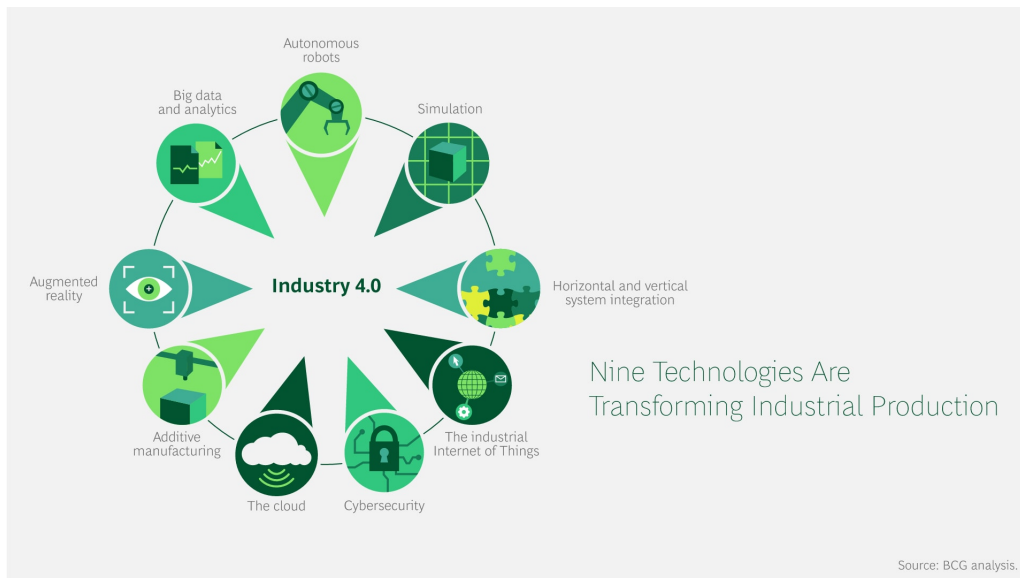


Figura 1.1: I pilastri dell'industria 4.0 (fonte: Boston Consulting Group [1])

svariati, vengono trasmessi e analizzati. Il secondo invece ci aiuta a scoprire cosa è cambiato e come dovremmo reagire. Inoltre, l'*advanced analytics* è il modo migliore per scoprire nuovi target di clienti, identificare i migliori fornitori, associare prodotti di affinità, comprendere la stagionalità delle vendite e così via.

## 1.2.2 Autonomous Robot

I robot autonomi hanno la capacità di ottenere informazioni sull'ambiente in cui lavorano, per un periodo di tempo prolungato senza l'intervento dell'uomo. Sono autosufficienti, possono muoversi da soli e sono in grado di evitare situazioni dannose per sé stessi o per le persone e l'ambiente circostante. Inoltre presentano la capacità di adattarsi a quest'ultimo.

Gli esempi più comuni di questi robot vanno dagli elicotteri autonomi, quali i droni, ai *vacuum cleaners*, ovvero aspirapolveri-robot. I più semplici utilizzano sensori a infrarossi o ultrasuoni per vedere gli ostacoli, consentendo loro di districarsi tra questi senza un controllo remoto umano. I robot più avanzati, invece, utilizzano la visione "stereo" per orientarsi nell'ambiente: le telecamere danno loro la percezione della profondità e il software consente loro di individuare e classificare gli oggetti in tempo reale.

I robot autonomi sono utili in ambienti movimentati, come ad esempio gli ospedali. Invece di lasciar muovere i dipendenti, costretti a lasciare temporaneamente il proprio posto di lavoro, un robot autonomo può fornire rapidamente risultati di laboratorio nei corridoi dell'ospedale e persino trovare percorsi alternativi quando gli altri sono bloccati. Si possono fermare nei punti di prelievo, raccogliere campioni e portare il tutto nei laboratori. Un altro posto in cui i robot autonomi sono utili è in mezzo alla natura. Per esempio, nel 2013, i ricercatori della Virginia Tech hanno sviluppato una medusa robotica autonoma con l'intento di condurre un giorno la sorveglianza militare sottomarina o il monitoraggio dell'ambiente [11]. La medusa di quasi 2 metri ha una lunga durata e può compiere una vasta gamma di operazioni. Man mano che le tecnologie emergenti diventano più sofisticate, la relazione tra esseri umani e robot si evolve. I robot autonomi hanno la capacità di sostituire gli esseri umani, come ad esempio un assistente virtuale cognitivo che funge da rappresentante automatizzato del cliente. I robot autonomi hanno persino la capacità di comprendere l'emozione nella voce di un essere umano. Queste tendenze verso il coinvolgimento robotico nei processi industriali consentiranno alle aziende di migliorare la produttività e l'esperienza del cliente, ottenendo un vantaggio competitivo.

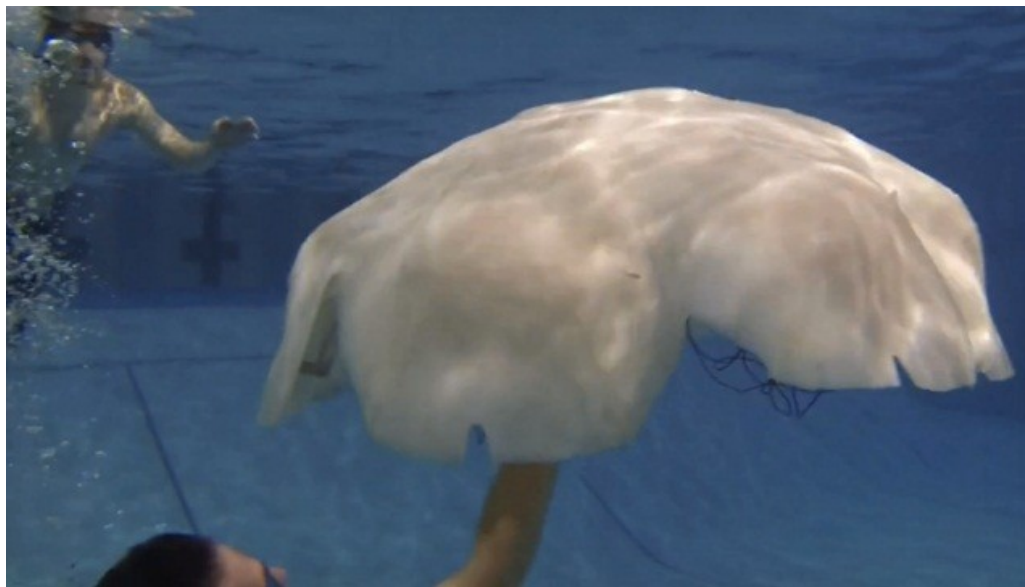


Figura 1.2: Cyrus, il Robot Medusa (fonte: HDblog [2])

### 1.2.3 Simulation

L'utilizzo di sistemi di simulazione è parte integrante nel processo di sviluppo di qualsiasi progetto scientifico e tecnologico che sia, grazie al quale è possibile riprodurre una copia del mondo reale sotto forma di modello virtuale al fine di testare e ottimizzare macchine, prodotti e processi e di anticipare problemi prima che questi avvengano nella realtà. La ricezione continua e in tempo reale dei dati permette di ridurre gli errori, aumentando l'efficienza e la qualità delle macchine. Inoltre, così facendo, si abbattano notevolmente i costi legati all'inoperosità di quest'ultime, risparmiando energia e guidando i tecnici nel prendere le migliori decisioni operative.

### 1.2.4 Horizontal and vertical system integration

Quando si parla di integrazione orizzontale e verticale si intende una integrazione dei dati e dei sistemi lungo tutta la *chain value* (ovvero la catena del valore) la quale permette la coesione di tutti i reparti e le funzioni aziendali all'interno di un unico sistema integrato.

Più precisamente, attraverso l'integrazione delle tecnologie di rete e dei sistemi di produzione, deve essere stabilito uno scambio di dati e informazioni tra le aziende e le sedi geograficamente remote lungo la catena del valore. Pertanto per "integrazione orizzontale" si intende l'integrazione di vari sistemi informatici nella produzione e apparecchiature automatizzate per le varie fasi del processo di produzione e pianificazione.

Invece, attraverso l'integrazione verticale di dati e informazioni direttamente dal luogo di lavoro, controllando e operando a livello produttivo e aziendale, i dati vengono elaborati e di conseguenza vengono restituite adeguate informazioni sulla gestione. Pertanto "integrazione verticale" può essere intesa come l'integrazione delle tecnologie dell'informazione nei sistemi IT a vari livelli gerarchici nelle apparecchiature di produzione e automazione. (Ad esempio: sensori, livello di gestione, livello di gestione della produzione). La Cooperazione verticale e orizzontale tra macchina e internet, macchina e persona e machine to machine sulla catena del valore, in tempo reale, è alla base del sistema cyber produttivo [12].

## 1.2.5 Internet of Things

Negli ultimi anni l'*IoT* si sta affermando in innumerevoli ambiti lavorativi grazie alla sua duttilità ed efficacia. Di fatto, stiamo assistendo all'alba di una nuova era dell'*Internet of Things*. In generale, l'*IoT* si riferisce all'interconnessione in rete di oggetti di uso quotidiano, che sono spesso dotati di intelligenza onnipresente [13]. L'*IoT* aumenterà l'ubiquità di Internet integrando ogni oggetto per l'interazione tramite sistemi incorporati, il che porta a una rete altamente distribuita di dispositivi che comunicano tra loro e con gli esseri umani. Grazie ai rapidi progressi nelle tecnologie sottostanti, l'*IoT* sta aprendo enormi opportunità per un gran numero di nuove applicazioni che promettono di migliorare la qualità della nostra vita. Negli ultimi anni, l'*IoT* ha guadagnato molta attenzione da ricercatori e professionisti di tutto il mondo. Infatti, mediante l'ausilio di queste piccole macchine, è possibile ricavare dati sui più svariati ambiti adoperandoli a proprio piacimento. Un esempio diretto si può trovare proprio nel marketing dove, grazie all'*IoT* l'analisi dei dati e il decision making vengono decentralizzati, rendendo possibile delle risposte in real-time.



Figura 1.3: Internet of Things (fonte: e-zigurat [3])

### 1.2.6 Cybersecurity

Con l'avvento dell'Industria 4.0 si sono moltiplicate le figure che si sono interessate e si interessano all'informatica e tutto quelle che questa materia concerne. Di conseguenza, questo ha portato ad avere aziende sempre più connesse, dotate dei tecnici informatici più brillanti. Parallelamente, purtroppo, si sono moltiplicati gli attacchi informatici, malevoli, rivolti sia ad aziende che ai singoli utenti, condotti con tecniche e sistemi sempre più sofisticati, che hanno reso prioritari i temi della sicurezza informatica e della protezione dei dati sensibili. Da qui nasce quella che oggi definiamo come *Cybersecurity*. Di fatto, questa materia può essere definita nel seguente modo: la "sicurezza informatica" è l'organizzazione e la raccolta di risorse, processi e strutture utilizzate per proteggere il cyberspazio e i sistemi abilitati per il cyberspazio da eventi che disallineano de jure dai diritti di proprietà de facto [14].

Questi eventi, o attacchi, non vanno a minacciare solamente i nostri dispositivi dal punto di vista informatico, bensì minacciano l'intera sfera delle nostre vite professionali e private. Per le imprese, inoltre, il pericolo è maggiore, poiché non vengono semplicemente violati i loro sistemi informatici e i loro database, ma vengono lese anche la loro credibilità e la loro reputazione. Per questo è importante approfondire il più possibile questa materia al fine di promulgare una cultura, anche se minima, a tutti gli utenti, dando loro la possibilità di conoscere gli eventuali rischi.

### 1.2.7 Cloud computing

Il *Cloud computing* si riferisce ad applicazioni e servizi che vengono eseguiti su una rete distribuita utilizzando risorse virtualizzate e accessibili tramite protocolli Internet e standard di rete comuni. Si distingue per il concetto che le risorse sono virtuali e illimitate e che i dettagli dei sistemi fisici su cui viene eseguito il software sono astratti dall'utente [15]. Questo servizio viene offerto da apposite aziende definite *Cloud provider*, che si occupano dell'assegnazione delle risorse e, a richiesta, anche della gestione completa del servizio. Questo modello si pone come principale obiettivo quello di rendere fruibile la funzionalità di un software senza dover acquistare l'applicativo stesso, in una modalità di servizio secondo necessità.

I servizi di *Cloud computing* si distinguono in tre principali modelli:

1. IaaS (Infrastructure as a Service) è il modello di base. Il provider, attraverso la rete internet, fornisce al cliente l'intera infrastruttura IT, tra cui server virtuali, spazio di archiviazione, reti e sistemi operativi, usando un modello di pagamento a consumo;
2. PaaS (Platform as a Service) fornisce invece alle aziende una piattaforma Cloud vera e propria ideale per lo sviluppo, il test, la distribuzione e la gestione di applicazioni software;
3. SaaS (Software as a Service) è un modello di distribuzione software tramite web. Il software viene consegnato al cliente “chiavi in mano”, consentendo un semplice utilizzo ed eliminando le problematiche a livello di gestione delle risorse infrastrutturali.

### 1.2.8 Additive manufacturing

Le richieste sempre più complesse da parte dei progettisti hanno spinto i tecnologi ad approcciarsi sempre di più alla rivoluzione dell'*additive manufacturing*. Quest'ultima si distingue dalle tradizionali tecnologie di lavorazione perché non asporta materiale dal grezzo ma ottiene particolari tridimensionali molto complessi attraverso il deposito progressivo di strati di materiale. Per questo l'*additive manufacturing*, conosciuto anche come stampa 3D o prototipazione rapida, viene definito come “il processo di fusione dei materiali per creare oggetti a partire da modelli 3D, di solito con approccio strato su strato, in opposizione ai metodi produttivi di tipo sottrattivo tradizionali” [16].

I processi di produzione additiva prendono le informazioni in genere da un file CAD (Computer Aided Design) che viene successivamente convertito in un file STL (stereolitografia) [17]. In questo processo, il disegno realizzato nel software CAD viene approssimato e suddiviso in sezioni contenenti le informazioni di ogni strato che verrà stampato.

Quest'approccio presenta degli enormi vantaggi rispetto all'approccio classico di tipo sottrattivo, il quale si basa su processi dove il materiale viene rimosso a partire da un pezzo di partenza per ottenere l'oggetto finale. Nel caso della manifattura additiva, viene utilizzato solo il materiale strettamente necessario alla creazione del pezzo. Questo, unito al fatto che il materiale in eccesso può essere riciclato, riduce di molto lo spreco di materia prima con conseguente risparmio sui costi ed impatto ambientale.

Le applicazioni della manifattura additiva sono pressoché infinite, dal settore militare al bio-medico, dall'edilizia all'alimentare, con importanti risvolti dal punto di vista dei materiali utilizzati (un esempio è il settore aerospaziale che utilizza questi materiali con lo scopo di realizzare strutture più leggere per ridurne il peso).

### 1.2.9 Augmented reality

La realtà aumentata (*Augmented reality*) è una tecnologia relativamente nuova che consente di mescolare il mondo virtuale con quello reale, in proporzioni diverse, per raggiungere un livello di immersione che nessuna apparecchiatura virtuale può fornire [18]. L'obiettivo dei sistemi di realtà aumentata è combinare il mondo interattivo reale con un mondo interattivo virtuale generato da un software in modo tale che i due appaiano come un unico ambiente. Quando l'utente si muove intorno all'oggetto reale, quello virtuale (cioè generato al computer) reagisce in quanto è completamente integrato con il mondo reale, pur rimanendo vincolato ad esso. La sua versatilità, inoltre, la rende facilmente utilizzabile in vari contesti, da progetti web a installazioni temporanee o permanenti in ambito fieristico o museale o applicazioni mobile, diventando strumento di comunicazione, educazione, informazione ed intrattenimento (come per alcune delle tecnologie descritte in precedenza anche per la realtà aumentata i campi di applicazione sono di svariato genere). A differenza di quanto accade con la realtà virtuale però, l'aumentata non sostituisce la realtà fisica, bensì sovrappone dati informatici all'ambiente reale in modo che l'utente possa avere la sensazione d'essere presente fisicamente nel paesaggio che vede riflesso sullo schermo.

Inoltre, la realtà aumentata ha riscontrato grande diffusione grazie all'utilizzo del *tagging*, un nuovo strumento con il quale è possibile etichettare qualsiasi cosa, potenziando in tal modo il livello di informazione che quella fonte è in grado di dare [19]. Grazie ai tag, ad esempio, è possibile partendo da una immagine, identificare ed ottenere informazioni sul luogo, su cose e persone legate a quella immagine, garantendo così all'utente un'esperienza unica. Etichette e tag, perciò, permettono di visualizzare e condividere il sapere attraverso collegamenti non più verbali e di conseguenza non più rinchiusi tra comunità linguistiche, ma visivi e quindi comprensibili da chiunque apra le porte ad una condivisione globale della conoscenza.



(a) fonte: Forbes [20]



(b) fonte: Prototypr.io [21]

Figura 1.4: *Augmented reality*

### 1.3 L'etica: il rapporto uomo-macchina

Il rapporto uomo-macchina è una complessa interazione con forti influenze reciproche. La tecnologia non può essere considerata semplicemente come un prodotto dell'uomo, in una tradizionale logica causa-effetto. Essa infatti retroagisce sull'uomo in una logica avanzata di causalità circolare. Volendo citare una famosa frase dell'economista *Brian Arthur* (Santa Fe Institute): “La Tecnologia sta diventando organica. La Natura sta diventando tecnologica”. Per questo motivo possiamo parlare di co-evoluzione uomo-macchina, individuando come elementi interagenti l'evoluzione biologica, quella socio-culturale e quella tecnologica [22].

Detto questo, se da una parte l'evoluzione biologica ha dotato gli organismi viventi prima di un corpo e poi di un cervello, avente quest'ultimo funzioni di controllo centrale, dall'altra l'intelligenza artificiale ha cercato di costruire una mente senza corpo, cioè un'intelligenza che imitasse le funzioni simboliche e astratte del cervello biologico evitando ogni interazione con un corpo appartenente ad un ambiente considerato fonte di disturbo. Tuttavia, le difficoltà di estendere questa forma d'intelligenza artificiale al di fuori dei domini simbolico-formali hanno fatto ritenere che soltanto accoppiando la mente artificiale all'ambiente, attraverso un corpo artificiale dotato di sensi e di organi attuatori, si potesse ottenere un'intelligenza flessibile e ad ampio spettro com'è quella biologica.

Ed è proprio da questo presupposto che sono nate una serie di interrogativi incentrati sia sugli aspetti tecnici della costruzione di questi artefatti sia su sottili questioni di natura etica. Ipotizzando una stretta convivenza uomo-



robot, le domande più frequenti e alle quali non si è potuto ancora rispondere sono:

- fino a che punto siamo disposti a convivere coi robot, ad affidarci a loro nella vita quotidiana, nell'accudimento e nelle cure?
- Se i robot dovessero un giorno diventare intelligenti e sensibili quanto gli umani, potremmo continuare a considerarli macchine?
- Dovremmo arrivare a conferire loro dignità etica?

E viceversa:

- Quali comportamenti dei robot dovremmo tollerare, incoraggiare o vietare?
- E di chi sarebbero le responsabilità di un loro eventuale comportamento dannoso?

Quest'ultima domanda, in particolar modo, è la più importante perché sottolinea il conflitto che nasce tra la natura artificiale dei robot, che dovrebbe renderli obbedienti alla nostra programmazione, e la loro naturale (o artificiale dovrei dire) autonomia, ovvero se un robot non è autonomo non è un robot. Questo conflitto, paragonando un robot appena uscito dalla fabbrica a un cucciolo di qualsivoglia "razza" e quindi non ancora maturo e conscio del giusto o sbagliato, potrebbe indurli a decisioni nocive nei nostri confronti. Da qui, nascono quelle che sono delle vere e proprie leggi che fungono da fondamenta per una nuova etica che vede come principale protagonista la macchina o il robot, ovvero la roboetica.

### 1.3.1 La Roboetica

L'etica dei robot, o roboetica, presenta diverse sfaccettature, diverse accezioni attraverso le quali l'uomo può e deve regolare il rapporto che vi si interpone tra egli e la macchina e tra le macchine stesse. L'importanza e l'urgenza che questa materia presenta viene confermata inoltre dall'istituzione di un Comitato tecnico in senso alla *Robotics and Automation Society* dell'IEEE. Dalle considerazioni fatte finora, emerge un primo significato che si può dare al termine, molto generale: "robo-etica" è semplicemente "l'etica nell'epoca dei robot", cioè l'insieme dei comportamenti dell'essere umano nei confronti

di un ambiente che consta anche dei robot. Un'altra definizione potrebbe essere la seguente: la roboetica è l'insieme dei nostri comportamenti diretti nei confronti dei robot, laddove questi abbiano lo scopo di mantenere un giusto equilibrio dinamico tra noi e loro. Vale anche il viceversa. Roboetica rappresenta l'insieme dei comportamenti utili dei robot nei nostri confronti, essendo loro dotati di una certa autonomia e capacità di apprendere dall'esperienza (o almeno ipoteticamente). E infine, con il significato più avveniristico, roboetica può indicare le norme di comportamento tra gli stessi robot e tra i robot e l'ambiente, di cui facciamo parte anche noi umani [23].

Probabilmente, la terza accezione è quella più importante e su cui bisognerebbe dedicare più tempo, cosa che fece lo scrittore Isaac Asimov quando postulò le "Leggi della robotica", le quali vietano ai robot di compiere azioni dannose nei confronti degli esseri umani e che costituiscono il primo embrione della roboetica.

“Un robot non può recare danno ad un essere umano, né può permettere che, a causa del proprio mancato intervento, un essere umano riceva un danno; Un robot deve obbedire agli ordini impartiti dagli esseri umani, purché tali ordini non contravvengano alla Prima Legge; Un robot deve proteggere la propria esistenza, purché tale autodifesa non contrasti con la Prima e la Seconda Legge” (Asimov, 1942)

Queste tre leggi, rappresentanti la base fondante della roboetica non possono essere più appropriate e attuali, dati i grandi passi in avanti compiuti nel campo della robotica. Esse si presentano in maniera chiara e semplice: dovrebbero bastare per regolare perfettamente almeno la terza accezione di cui sopra, ovvero il rapporto tra le macchine.

Tuttavia, se queste regole fossero calate nel mondo reale non mancherebbero di suscitare problemi e ambiguità, a partire dalla sola parola "danno" (sia fisico che non) che compare scritta all'interno. In effetti la nozione di danno presenta diverse ambiguità: se un umano sta recando danno a un altro essere umano (per esempio sta tentando di ucciderlo), come si deve comportare il robot? Se interviene reca danno all'assassino, ma il suo mancato intervento reca danno alla vittima. Oppure ancora, come si deve comportare un robot che riceva un ordine contraddittorio, dallo stesso uomo o da due uomini diversi? Questo ha tutta l'aria di essere un vero e proprio problema di stampo filosofico.

Si può continuare a speculare: garantendo alla "specie" robotica un processo

evolutivo analogo a quello biologico (o bio-culturale) dell'uomo, essi potrebbero compiere, di fatto fuori del nostro controllo, progressi tali da consentir loro valutazioni etiche più raffinate e precise delle nostre. Potrebbero, prima o poi, trovare soluzioni su temi teologici e metafisici su cui l'umanità indaga da secoli o addirittura millenni, come l'esistenza del divino, sviluppando una "teodicea" più rigorosa e soddisfacente della nostra. Oppure semplicemente sarebbero loro a dettarci leggi nuove e ad assumere il bastone del comando. Asimov, conscio di questi eventuali problemi, cercò di porre rimedio postulando la cosiddetta Legge zero:

“Un robot non può recar danno all'umanità e non può permettere che, a causa di un suo mancato intervento, l'umanità riceva danno.”

Quest'ultima conferma che non sono sufficienti le precedenti tre leggi per costituire un'etica sicura, portandosi dietro altrettante questioni da risolvere. Infatti, se un folle minacciasse la distruzione in massa dell'umanità, la Legge Zero autorizzerebbe il robot a eliminarlo andando contro la Prima Legge e facendo aprire così un problema sulla valutazione dei danni, ragionevole anche se molto discutibile secondo la morale tradizionale (l'uccisione di molti è più grave dell'uccisione del singolo).

Purtroppo, neppure con quest'aggiunta le leggi di Asimov riuscirebbero a trovare una soluzione a questi problemi etici, perché le conseguenze ultime di un'azione, pur rispettosa delle quattro leggi, potrebbero alla lunga essere nocive, e l'analisi delle conseguenze sarebbero infinite e troppo difficili da valutare. D'altronde, anche le azioni umane dettate dalle migliori intenzioni del mondo sfociano spesso in disastri.

### **1.3.2 L'*Homo technologicus***

Da decenni ormai la tecnologia è entrata a far parte della nostra vita, direttamente e indirettamente, accompagnandoci nel quotidiano. L'uomo ha sempre usufruito di essa e con essa si è sviluppato, supplendo alle sue carenze fisiche e mentali. Per questo si può affermare che l'uomo ha fatto uso della tecnologia nella misura in cui ha perfezionato il suo modo di vivere, semplificandolo e alleggerendolo dei compiti più faticosi. C'è anche da dire però che lo sviluppo è stato reciproco. La tecnologia, negli anni, ha seguito di pari passo il progresso avanzato dall'uomo, modificandosi e venendone modificata, in un rapporto di causa-effetto reciproco.

Le nuove tecnologie inoltre hanno cambiato il nostro rapporto con le macchine. Nell'arco del nostro percorso evolutivo, siamo passati dall'essere *Australopithecus* all'*Homo erectus*, fino ad oggi con una forma evolutiva comprensiva degli apparecchi tecnologici, ovvero l'*Homo technologicus*.



Figura 1.5: Machina Ex Deus - Prometeo (fonte: Scienza&Tecnologia [4])

Questi apparecchi possono essere visti, senza timore di errore, come il prolungamento dei nostri sensi. In altre parole la tecnologia costituisce per l'uomo un'estensione del suo corpo, delle sue capacità fisiche e psichiche, è una protesi che permette la costituzione di una realtà aumentata [22].

L'*Homo technologicus*, di cui il primissimo esempio ne è la generazione successiva agli anni '80, è quindi cresciuto usando fin dalla nascita le tecnologie digitali. Tali strumenti (telecomando, mouse, telefono cellulare etc) infatti, portano a una gestione diversa dell'informazione: i bambini di oggi sono abili nel controllo dei flussi di informazione, nell'aver a che fare con la sua sovradisponibilità, nel selezionarla appropriatamente (anche più degli adulti, soprattutto oggi). Questo, sommato alla loro conoscenza di come navigare efficientemente ed efficacemente attraverso le informazioni e di come comunicare portano allo sviluppo di skills prioritarie per una società caotica e creativa.

Questo periodo di cambiamento dall'*Homo sapiens* all'*Homo technologicus*

viene chiamato “Era simbiotica” [24]. Un’era del corpo protesico e della realtà aumentata, un’era in cui i computer parleranno la nostra lingua, un’era in cui umani e macchine si miglioreranno l’un l’altro e cominceremo a sentirci ‘nudi’ senza i nostri computer indossabili. Un’era che è già cominciata.

### 1.3.3 Le emozioni artificiali

Le emozioni sono un tratto distintivo umano, fondamentale, inseparabile dalle altre nostre caratteristiche. Sono inoltre strettamente collegate alla razionalità come anche alle funzioni fisiologiche, alla memoria e all’esperienza. Sono intrinseche nel nostro corpo, inteso sia come insieme di organi sia come depositario della nostra identità e della nostra storia. Ma cosa succede quando l’oggetto per il quale proviamo emozioni, positive o negative che siano, è identificato in un corpo inanimato piuttosto che una persona o animale, come ormai è consuetudine pensare? In questo caso facciamo tutto noi: investiamo l’oggetto di un’intensa proiezione affettiva e giungiamo al punto di attribuirgli proprietà che non possiede.

Due casi si possono citare come massima esemplificazione di questo concetto. Il primo interessa la tenera età, un’età in cui si ha la capacità di divertirsi mediante qualsivoglia espediente e/o giocattolo. Anni fa, molto di moda era il “Tamagotchi” (fig. a), piccolo computerino attraverso il quale era possibile accudire una specie aliena chiamata appunto Tamagotchi. Chi non si è mai affezionato minimamente a quella creatura, almeno per un secondo? Ecco, questo è la prova di quanto detto sopra. L’altro esempio, simile a questo, riguarda un esemplare di cane robot di nome “Aibo” (fig. b) di cui la Sony ne ha recentemente interrotto la produzione dopo averne costruito oltre 150.000 esemplari. Le sue doti peculiari ruotavano tra l’essere un intrattenitore nato e un compagno gradevole, fino alla ricerca dei suoi giocattoli e alla comunicazione col padrone, di cui ne riconosce la voce e il volto. Inoltre, come per tanti robot, la personalità di Aibo si sviluppava tramite l’interazione con le persone e in base all’esperienza. Insomma, un compagno



(a) fonte: Wikipedia [25]



(b) fonte: Robotiko [26]

Figura 1.6: Esempi di "animali digitali"

affettuoso e discreto, che non ha bisogno di cibo, non sporca, non ha bisogno di fare la passeggiatina e che si può disattivare quando non “serve” (ecco, quest’ultima parola aprirebbe un dibattito non indifferente sulla dignità degli animali e la differenza tra veri animali e robot, facendoci ritornare sempre all’etica). Il punto che accomuna questi due esempi e che esplica al meglio il problema di prima, risiede nel termine "animali". In una prospettiva di una futura era completamente digitale e tecnologica, quest’ultimo deve essere forse esteso a comprendere anche Aibo e i suoi colleghi e, in una società dove i rapporti umani sono sempre più rari e frettolosi, la prospettiva di delegare alle macchine parte della nostra responsabilità comunicativa e affettiva non è poi tanto remota [23].

Per questo si può parlare di emozioni artificiali. Si pensi semplicemente agli anziani le cui famiglie non vogliono o non possono dedicare loro tempo e attenzione, ripiegando sulla scelta di robot badanti. La possibilità di delegare, o almeno in parte, ai robot rapporti e impegni umani conferma la grande capacità di proiezione affettiva degli uomini. La cosa è preoccupante poiché dimostra la capacità della tecnica di insinuarsi subdolamente in noi per strade insospettabili, creando forme di dipendenza. Ma quando si parla di emozioni artificiali, si intende anche qualcosa che va oltre la nostra percezione, nel bene o nel male. Infatti, si stanno progettando agenti capaci di manifestare emozioni e, un domani, si vorrebbero costruire agenti capaci addirittura di provare emozioni. Che poi si tratti di emozioni simulate oppure di vere emozioni, di tipo psicologico e riflesse nella coscienza, resta un problema aperto e molto arduo da risolvere.



# Capitolo 2

## Soluzioni software per la raccolta di dati

### 2.1 Raccolta dati di basso livello

Quando si parla di raccolta dati di basso livello ci si riferisce alle modalità attraverso cui è possibile immagazzinare dati direttamente dai macchinari per poi poterli studiare ed analizzare. Tutto questo è ovviamente possibile grazie a un sistema che nel complesso consta sia di componenti software che hardware. In particolar modo, volendo definire una gerarchia di strati da attraversare per ottenere nel complesso un'analisi efficace e dettagliata dei dati raccolti, possiamo avere: un sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) subito a contatto con i macchinari e responsabile della raccolta dei dati vera e propria; un sistema MES (*Manufacturing Execution System*) che ha lo scopo di gestire tutte le risorse coinvolte nella gestione della produzione; un sistema ERP (*Enterprise resource planning*), il quale è responsabile dell'amministrazione e della contabilità. Bene, la raccolta dati di basso livello riguarda proprio il primo strato di questa gerarchia.

Come già visto, l'acronimo SCADA sta per *Supervisory Control and Data Acquisition*, ovvero controllo di supervisione e acquisizione dati. Grazie a questo sistema le aziende hanno la possibilità di controllare i propri processi industriali sia a livello locale che da remoto, nonché di interagire direttamente con parti dell'apparecchiatura impiegata. Inoltre, è possibile raccogliere, monitorare ed elaborare dati, registrando eventi e garantendo così un netto miglioramento sia dal punto di vista produttivo che decisionale dell'azienda.



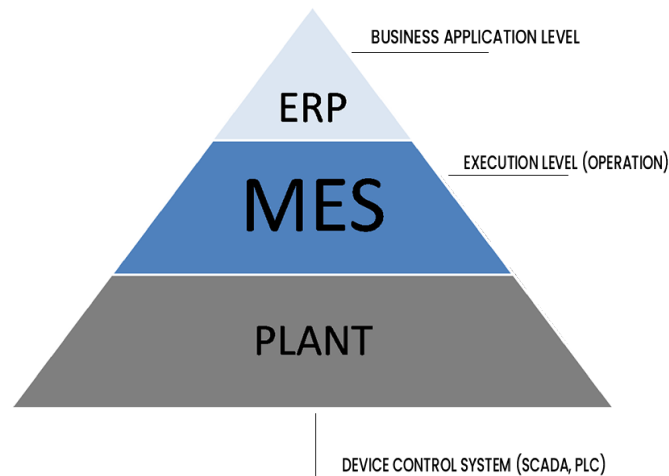


Figura 2.1: Gerarchia dei sistemi di produzione (fonte: KEY4 [5])

Un sistema SCADA in genere si presenta come una combinazione di elementi software e hardware, come controllori logici programmabili (PLC) e unità terminali remote (RTU). L'acquisizione di dati inizia proprio con la comunicazione tra queste due componenti con i macchinari o sensori presenti negli stabilimenti. I dati raccolti vengono poi inviati al livello superiore, il quale li rielabora e li inoltra ai sistemi ERP di amministrazione [27].

Per quanto riguarda il lato software, i vantaggi dello SCADA sono molteplici: migliore gestione dei dati, maggiore facilità d'uso, più efficienza, semplificazione dell'attività di engineering. Per non parlare della riduzione dei tempi di inattività dovuti proprio all'ottimizzazione di tutti questi fattori. Esistono diversi software SCADA, proposti da svariati produttori, a seconda degli ambienti in cui sono utilizzati e possono variare da semplici a complesse e massicce applicazioni. Un esempio è il software zenon. Con quest'ultimo è possibile controllare tutti gli impianti e i processi da una singola piattaforma la quale racchiude SCADA, HMI (*human machine interface*), soft PLC, IoT, reporting, allarmi, notifiche e molto altro.

## 2.2 MES

Il *Manufacturing Execution System* (MES) definisce un sistema informatizzato che ha la principale funzione di gestire e controllare la produzione di un'azienda. Questo, infatti, acquisisce e distribuisce informazioni che consentono l'ottimizzazione delle attività produttive dal lancio dell'ordine al prodotto finito, rilevando tutte le informazioni legate al ciclo produttivo e monitorando in tempo reale la produzione stessa. La rapidità di reazione e informazione che ne derivano, unita all'attenzione nella riduzione delle attività senza valore aggiunto, portano ad un notevole incremento dell'efficienza delle operazioni dei processi dello stabilimento.

Dunque, un MES è un sistema software che viene applicato per gestire in maniera integrata ed efficiente il processo produttivo di un'azienda fungendo da collante tra i sistemi ERP (amministrativi e contabili) ed i sistemi di controllo delle macchine (PLC, SCADA), coniugando gestione dei processi logistici con il controllo della disponibilità delle risorse e della qualità dei prodotti. Di fatto, senza il MES, si otterrebbe un comportamento simile alla scatola nera, o *black-box*: si conoscono gli input e gli output della produzione ma non c'è visibilità su quello che accade in mezzo. Pertanto verrebbe meno proprio quel processo di apprendimento e miglioramento dell'aspetto lavorativo, caratteristico di questo software.

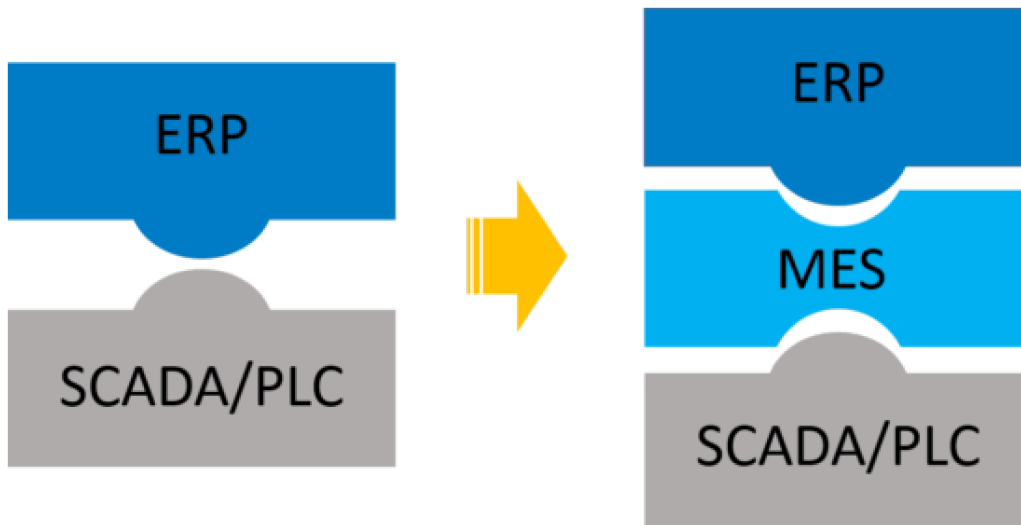


Figura 2.2: Rappresentazione del MES (fonte: Qualitas Informatica [6])

Dunque, come già detto, la caratteristica principale del MES è quella di allineare la gestione aziendale e la produzione per evitare le differenze tra il livello di pianificazione e quello realmente attivato. Questo, talvolta, può avvenire mediante un'interfaccia di sincronizzazione tra sistema MES e ERP. Tra le sue funzioni più rilevanti, comunque, possiamo elencare [28]:

- Controllo e avanzamento delle fasi di produzione;
- Tracciabilità del prodotto e stato della macchina;
- Raccolta dati;
- Gestione delle risorse di produzione.

Queste sue peculiarità permettono di ovviare a problematiche spesso diffuse all'interno di aziende come:

- Il cliente vuole sapere se, raddoppiando il suo ordine, la fornitura può ancora essere garantita nei tempi previsti;
- A che punto è la lavorazione di un ordine;
- Che cosa rallenta la produzione;
- Quanto è efficace ed efficiente il processo produttivo;
- Una macchina si guasta. Come riprogrammare gli ordini per consentire la manutenzione garantendo però la puntualità di consegna al cliente.

Pertanto, il software si pone come miglior consulente al fianco dell'azienda che ne fa utilizzo.

Ma se da una parte si hanno tali pregi, non può mancare anche qualche difetto. Possiamo trovare per esempio l'alta personalizzazione, la quale porta ad uno slittamento dei tempi di progettazione con conseguente aumento dei costi; oppure un cambio delle politiche di produzione all'interno dell'azienda dovute proprio all'adozione di questo nuovo sistema; oppure ancora la fedeltà dei dati raccolti. Va da sé che l'acquisto di un sistema MES non fedele alla realtà altro non può fare che rallentare i tempi di produzione e gestione manageriale, anziché ottimizzarli.

Ovviamente esistono diversi esempi di MES. Questo perchè ognuno si può differenziare attraverso il modo in cui si integra con le soluzioni informatiche

già presenti nell'azienda dove viene utilizzato. Uno tra tutti è il *NET@PRO*, il primo sistema full web che racchiude in un'unica semplice piattaforma tutte le funzionalità indispensabili per gestire l'azienda: dalla pianificazione della produzione al suo stato di avanzamento, quindi tracciabilità dei prodotti e giacenze in magazzino, ma anche valutazioni di qualità dei prodotti stessi.

## 2.3 Cloud

Del *cloud computing* abbiamo già avuto modo di parlare e per maggiori chiarimenti rimando al sotto capitolo 1.2.7. Qui, ripropongo una sua definizione, argomentando ulteriormente sul tema.

Il *cloud computing* è la fornitura di diversi servizi di calcolo tramite Internet, ovvero il *cloud*. Queste risorse includono strumenti e applicazioni come archiviazione dati, server, database, analisi, rete e software [29]. In altre parole, il cloud rappresenta un'estensione delle capacità funzionali e di sistema dell'utente che ne fa utilizzo, privato o azienda che sia.

Ma al di là dell'aspetto informativo, quello che più mi preme descrivere in questo capitolo sono i servizi che il cloud può offrire. Questi, infatti, possono essere molteplici: dalle semplici email che tutti noi utilizziamo ogni giorno all'archiviazione e back up dei dati, fino alla creazione e test di applicazioni. A queste bisogna aggiungere poi servizi quali streaming di audio e video, analisi dei dati e distribuzione di software su richiesta.

Il *cloud computing* è un servizio relativamente nuovo ma già viene utilizzato da una grande fetta della popolazione, da singoli consumatori che da grandi e piccole imprese. Anche qui di modelli ce ne sono diversi proprio perchè diversi sono i servizi che ogni piattaforma o azienda offre. Un primo esempio, attinente più al lato aziendale, è rappresentato dalla piattaforma SaaS (Software-as-a-service) BEPLAN, una piattaforma totalmente in cloud, che consente di gestire integralmente il flusso che va dallo sviluppo di un'offerta fino alla consuntivazione della commessa. Presenti sono sempre i concetti di miglioramento dell'efficienza del processo produttivo di un'azienda, riduzione di tempi e costi grazie ad un'analisi accurata dei dati. Altri esempi, forse più conosciuti e rivolti sia al semplice consumatore che all'impresa, provengono invece dalle grandi compagnie come Microsoft, IBM e Google. Queste multinazionali, infatti, hanno ormai da tempo investito sulla creazione e la promulgazione di servizi cloud quali Microsoft Office 365, IBM Cloud, Microsoft Azure, Google Drive, Dropbox e tanti altri. Ognuno di questi condivide

la possibilità di fruire dei propri file personali da qualsiasi dispositivo tramite un'applicazione nativa o un browser e mantenendo le stesse impostazioni su dispositivi diversi in modo completamente flessibile. Questo rappresenta un enorme vantaggio sia dal punto di vista della disponibilità che della praticità e se, inoltre, aggiungiamo anche il vantaggio che si ottiene in termini di risparmio delle infrastrutture, possiamo tranquillamente aggiungere il *cloud computing* al set di tecnologie che ogni azienda deve possedere per incrementare il proprio settore produttivo.

### 2.3.1 Amazon Web Services

Particolare attenzione merita un servizio offerto da Amazon interamente sviluppato su una piattaforma cloud, ovvero *Amazon Web Services* (AWS). Volendo essere più precisi, AWS è un'azienda vera e propria, statunitense, di proprietà del gruppo Amazon, che fornisce servizi di cloud computing su un'omonima piattaforma.

Come visto fino ad ora, i servizi che vengono offerti dalle piattaforme cloud ruotano tra archiviazione e analisi dati, con una particolare attenzione alla potenza di calcolo fornita da questi server remoti. Ed AWS fa proprio questo: mette a disposizione degli utenti, privati o aziende che siano, quella potenza di calcolo attraverso la quale questi ultimi possono avvalersi di servizi quali deployment con Elastic Beanstalk, basi di dati con Amazon DynamoDB oppure rete con Amazon Virtual Private Cloud. E questi sono solo una minima parte di tutti i prodotti offerti dal colosso americano.

Infatti, se si accede al sito ufficiale di AWS, nella homepage sono visibili tutti i servizi suddivisi per categorie, ai quali qualsiasi utente può accedere gratuitamente o previa sottoscrizione di un abbonamento.

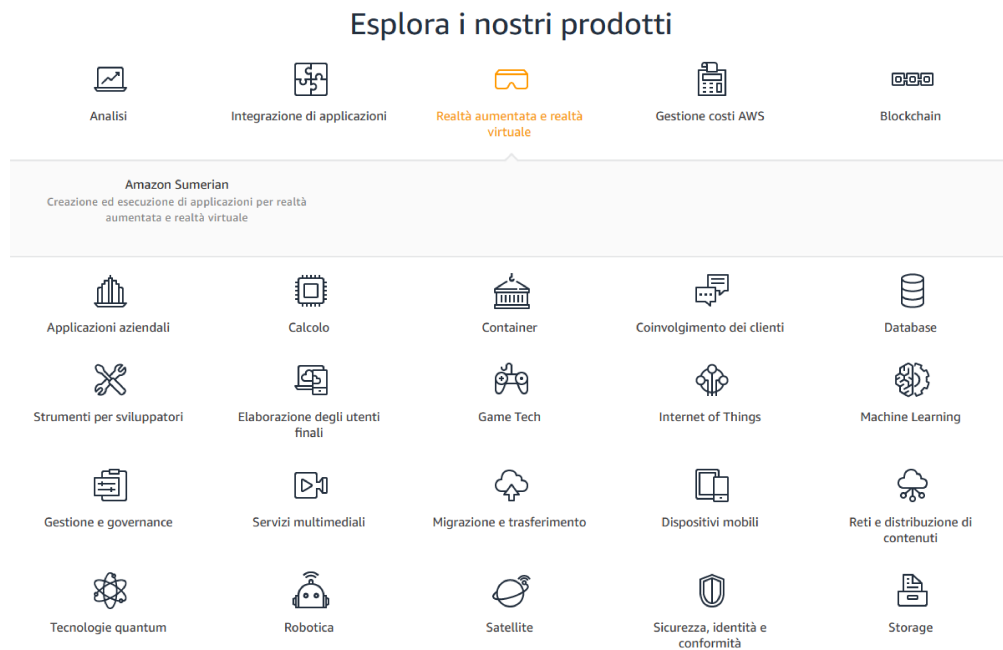


Figura 2.3: Principali servizi offerti da AWS

Come si può notare, AWS investe su tutti gli ambiti lavorativi dando la possibilità potenzialmente a tutte, e dico tutte, le aziende di usufruire dei proprio prodotti. Dall'analisi dati per indagini di marketing, all'ausilio di sistemi per l'IoT, al *machine learning*, ai contenitori (nel senso informatico del termine), alle applicazioni enterprise. Da pochi anni a questa parte, fornisce addirittura un servizio, quale Amazon Braket, per il calcolo quantistico. In particolar modo, se ci si vuole approcciare al mondo dell'industria 4.0, AWS propone tre linee di offerta che coinvolgono l'ambito dell'IoT, dei *Big Data* e dell'*Analytics* con diversi prodotti per categoria. Per esempio:

- AWS Greengrass, nell'ambito dell'IoT, è una soluzione software che porta a livello locale l'esecuzione di calcoli, messaggistica e caching dei dati generati dai dispositivi connessi, mantenendo in Cloud la gestione, l'analisi e lo storage duraturo.
- Un Portfolio, nell'ambito dei Big Data, il quale consta di tanti diversi software per l'analisi di dati, includendo datawarehousing, analisi di clickstream e fraud detection, e di un framework di analisi dei big data,

con computing gestito e distribuito, con servizi che vanno dal machine learning al serverless compute.

- Kinesis, nell'ambito dell'Analytics, un software che consente la continua raccolta, memorizzazione ed elaborazione di dati nell'ordine di diversi terabyte l'ora per lavorare in streaming in tempo reale.

Pertanto, AWS, con i suoi oltre 175 prodotti, rappresenta una piattaforma cloud in grado di accompagnare e stimolare i propri clienti ad essere il più produttivi possibile, fornendo supporto a 360°, dalla a alla z.





# Capitolo 3

## Case study

### 3.1 Campetella Robotic Center srl

*Campetella Robotic Center* è un'azienda marchigiana specializzata nella progettazione e produzione di robot cartesiani e manipolatori. Si definiscono pionieri nel settore dell'automazione industriale dal momento che posseggono oltre un secolo di attività in quest'ambito. Infatti la loro storia ha inizio nel 1897 quando Pasquale Campetella decise di avviare l'attività di progettazione e produzione di macchinari per il settore agricolo. Da qui, passando per ben cinque generazioni della famiglia Campetella, sono stati conseguiti brevetti, premi, diplomi e tanto altro e da allora, molto è cambiato. Rimando sempre al passo con l'evoluzione industriale, oggi Campetella Robotic Center è una realtà che si dedica a progettazioni e realizzazioni meccaniche e, parallelamente, si occupa anche di software, installazione degli impianti, vendita e post-vendita del prodotto robot per l'industria.

La loro esperienza e la loro professionalità hanno fatto sì che molte aziende di fama nazionale e internazionale hanno richiesto i loro prodotti. Ma non è tutto. Nella visione di Campetella non c'è il classico rapporto cliente-fornitore bensì il loro intento è quello di andare oltre, considerando i loro clienti veri e propri partner con i quali costruire solide collaborazioni attraverso la passione, la chiarezza e la proposta di soluzioni innovative. Questo mindset ha portato al raggiungimento di una rete di partner mondiale, distribuiti in 28 paesi diversi ed in continua espansione. Per questo rappresenta un'azienda leader nel settore dell'automazione, un'azienda dove grande passione si coniuga con notevole efficienza e competenza.

## 3.2 Definizione del problema

Come descritto brevemente nell'introduzione, attraverso questa esperienza di tirocinio si è potuto constatare, anche se in minima parte, cosa significhi industria 4.0. Infatti, mediante l'ausilio degli ingegneri di Campetella, professionisti nel settore dell'automazione, si è avuta la possibilità di collegarsi da remoto ad un macchinario presente all'interno dell'azienda, per reepire dati di vario genere. Ma come è possibile tutto ciò? Bene, vediamo più nel dettaglio.

Innanzitutto, partirei dal concetto che sta alla base del progetto, cercando di semplificarlo il più possibile. L'idea di base è quella di connettersi, come già detto, ad un macchinario, geograficamente distante da te, impartendogli dei comandi, quali per esempio "effettua questo spostamento" o "rileva questa misura". Pertanto, il problema che si è voluto analizzare è quello della raccolta dei dati da remoto, uno dei concetti base che si ritrovano all'interno del mondo dell'industria 4.0. Tante sono le variabili che ruotano attorno ad essa e dalle quali essa dipende, come numero di dati raccolti, frequenza, velocità e tante altre. Al di là del fine al quale questa poi è rivolta, che può variare da azienda a azienda e da macchinario a macchinario, in questo caso è utile analizzare i dati prelevati per studiare al meglio l'andamento di determinate macchine e comprendere quali possono essere dei miglioramenti da apportare.

## 3.3 Architettura acquisizione dati

Tale processo è reso possibile mediante l'ausilio del protocollo *MQTT*, al giorno d'oggi assai utilizzato nell'ambito dell'industria e dell'automazione. In poche parole, *MQTT* (*Message Queue Telemetry Transport*) è un protocollo semplice e leggero per lo scambio di messaggi, basato sul paradigma di pubblicazione e sottoscrizione, ovvero "publish and subscribe", quindi asincrono che permette connessioni machine to machine, minimizzando il traffico sulle reti e richiedendo poche risorse ai dispositivi per la sua gestione. Queste sue peculiarità lo rendono un ottimo strumento in ambienti molto trafficati, con un elevato numero di sensori o macchine interconnesse, essendo capace di eseguire in maniera efficiente la distribuzione di messaggi da uno a molti destinatari, incrementando di fatto la scalabilità dei sistemi. Per questo progetto sono stati utilizzati dei kit IoT della *Kollmorgen*, azienda leader nel

settore automatico e tecnologico, con lo scopo di raccogliere dati ed inviarli tramite il suddetto protocollo ad un broker, ovvero un applicativo responsabile della distribuzione dei messaggi ai client destinatari, sia in locale che in un server remoto.

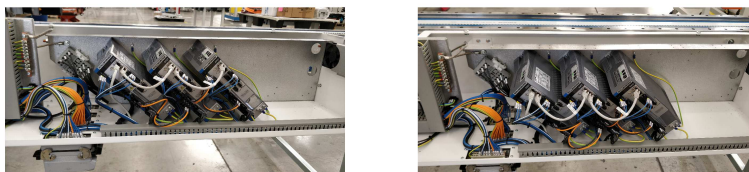


Figura 3.1: Kit IoT per la trasmissione di dati tramite MQTT

Perciò attraverso l'utilizzo di questo protocollo e adottando il sistema appena visto, è possibile connettersi da remoto a determinati sensori installati su un macchinario, rilevando le misure a cui si è più interessati. Il macchinario utilizzato dagli ingegneri di *Campetella* invece è quello di seguito rappresentato:

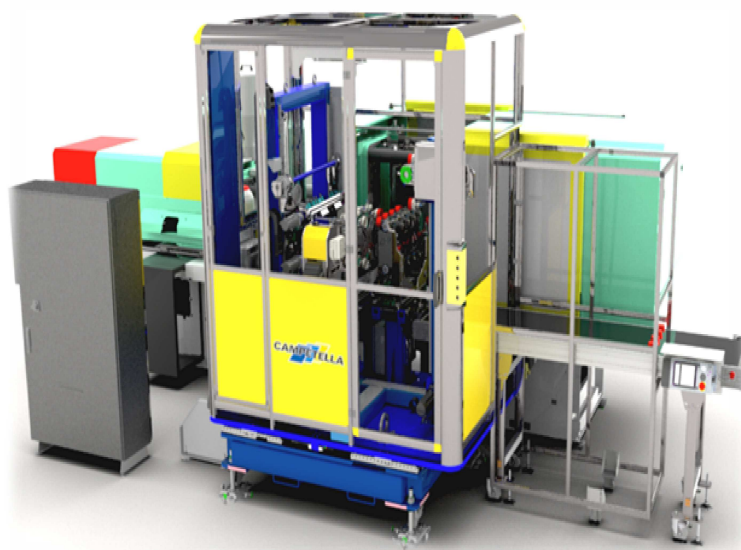
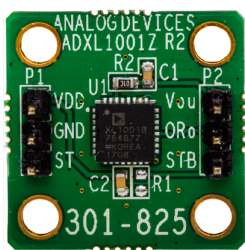




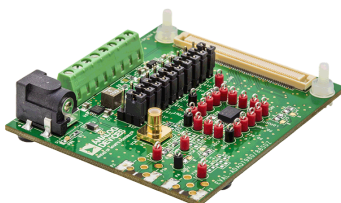
Figura 3.2: Cella di automazione multi-robot

Si tratta di un macchinario avente la funzione di prelevare dei piccoli fogli di plastica con una forma predefinita, trasformandoli in recipienti come bicchieri o vaschette. A questo sono poi collegate diverse schede di acquisizione per la raccolta di dati, quali:

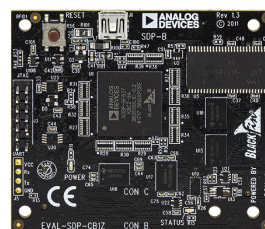
1. Accelerometro: EVAL-ADXL1002 (fig. a)
2. Scheda di acquisizione dati: EVAL-ADAQ7980SDZ (fig. b)
3. Scheda di interfacciamento: EVAL-SDP-CB1Z (fig. c)



(a)



(b)



(c)

Figura 3.3: Schede di acquisizione (fonte: Analog Devices [7])

I dati da raccogliere possono essere di diverso tipo, in base alle proprie esigenze ed, ovviamente, ai sensori utilizzati: temperatura del macchinario, oscillazioni e spostamenti sono solo alcuni esempi. Qui, ad un primo utilizzo ed a scopo esemplificativo, con i sensori sopra citati, sono state effettuate le seguenti misure:

- movimento su tutta la corsa dell'asse Z (orizzontale)
- movimento su tutto l'asse Z + corsa limitata su asse Y (verticale)
- movimento su tutta la corsa dell'asse Y.

I valori prelevati sono stati inseriti in file .tsv (ovvero file che presentano delle colonne di valori separate dal carattere ascii tab, '\t'). All'interno di quest'ultimi, sono presenti due set di valori: il vettore dei tempi e il vettore dei valori analogici campionati. Analizzandoli, sarà possibile studiare il comportamento e l'andamento delle misure, rilevando eventuali problemi. Di seguito un esempio, rispettivamente, delle tre tipologie di misura.

<pre> 10,000 33831,000 150000,000 33831,000 16,000 33831,000 0,000 33832,000 5,000 33832,000 3,000 33832,000 0,000 33832,000 0,000 33831,000 0,000 33832,000 0,000 33830,000 0,000 33830,000 0,000 33832,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33832,000 0,000 33830,000 0,000 33828,000 0,000 33826,000 0,000 33826,000 0,000 33828,000 0,000 33828,000 0,000 33826,000 0,000 33829,000 0,000 33830,000 0,000 33832,000 0,000 33834,000 0,000 33835,000 0,000 33836,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33835,000 0,000 33833,000 0,000 33836,000 0,000 33833,000 0,000 33837,000 0,000 33839,000 </pre>	<pre> 10,000 33830,000 200000,000 33831,000 16,000 33832,000 0,000 33832,000 5,000 33833,000 3,000 33833,000 0,000 33833,000 0,000 33833,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33830,000 0,000 33831,000 0,000 33832,000 0,000 33832,000 0,000 33831,000 0,000 33833,000 0,000 33834,000 0,000 33834,000 0,000 33836,000 0,000 33836,000 0,000 33836,000 0,000 33835,000 0,000 33835,000 0,000 33837,000 0,000 33840,000 0,000 33838,000 0,000 33838,000 0,000 33836,000 0,000 33836,000 0,000 33835,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33831,000 0,000 33831,000 0,000 33831,000 0,000 33832,000 </pre>	<pre> 10,000 33829,000 200000,000 33832,000 16,000 33832,000 0,000 33832,000 5,000 33831,000 3,000 33830,000 0,000 33832,000 0,000 33832,000 0,000 33831,000 0,000 33831,000 0,000 33832,000 0,000 33834,000 0,000 33833,000 0,000 33831,000 0,000 33831,000 0,000 33829,000 0,000 33829,000 0,000 33829,000 0,000 33828,000 0,000 33827,000 0,000 33828,000 0,000 33829,000 0,000 33830,000 0,000 33832,000 0,000 33833,000 0,000 33834,000 0,000 33833,000 0,000 33833,000 0,000 33833,000 0,000 33832,000 0,000 33831,000 0,000 33830,000 0,000 33828,000 0,000 33825,000 0,000 33824,000 0,000 33822,000 0,000 33826,000 </pre>
(a)	(b)	(c)

Figura 3.4: Esempi dei valori campionati

Questi, ovviamente, sono solo degli estratti dal momento che ogni file comprende al suo interno almeno mezzo milione di valori.

### 3.4 Visualizzazione dati

Una volta ottenuti i dati, sarà possibile visualizzarli graficamente per esempio su una dashboard. A tal fine, si è scritto in python un breve codice che realizza tale funzione, illustrando e mettendo a grafico tutti i valori prelevati dal macchinario. Va da sé che una volta caricate tutte le misure registrate, si possono aggiungere tutti i parametri che si preferisce, come media, mediana, moda etc in base allo scopo che un utente persegue.

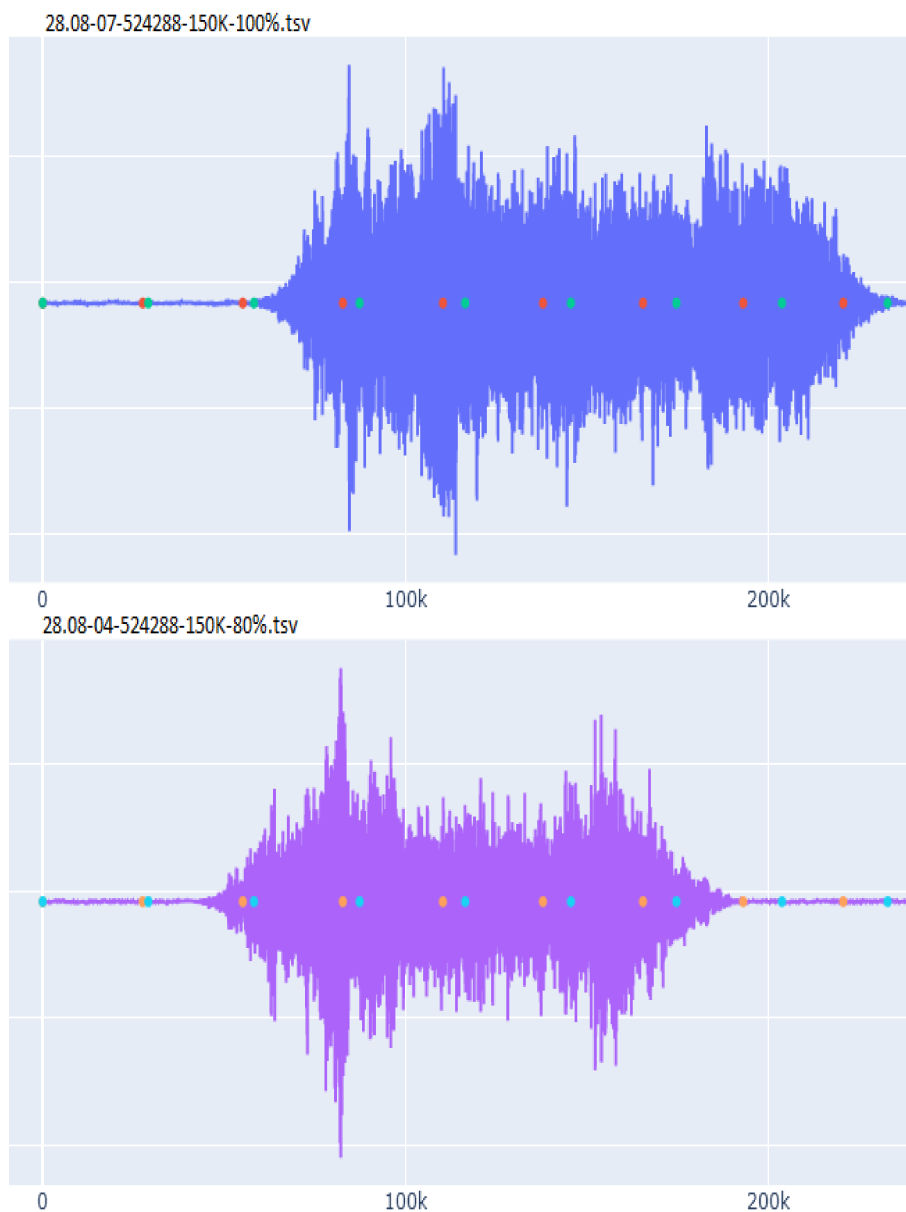


Figura 3.5: Dashboard

I risultati ottenuti rappresentano delle variazioni di traiettoria dei macchinari utilizzati. Come si può notare infatti, le misure sono più o meno costanti solo in certe zone del grafico, mentre in altre sono assai variabili. In questo caso, si è deciso di creare una dashboard offline, ovvero una pagina

web che quando aperta stampa a schermo un form di upload file, all'interno del quale poter caricare i file .tsv sopra citati e poter visualizzare l'andamento di tali misure. Altrimenti, si sarebbe potuto creare una dashboard online, quindi un applicativo che in tempo reale stampa a video le misure prelevate, garantendo un minore tempo di reazione.

Da notare quindi è l'importanza che questi strumenti di visualizzazione posseggono dal momento che permettono di tenere sotto controllo ogni parametro dei macchinari, in real time.





# Conclusioni

Con l'espansione economico-sociale che stiamo vivendo oggi, va da sé che si farà sempre più utilizzo della tecnologia e che, soprattutto, ci saranno sempre più “soluzioni”, software e non, a cui poter mettere mano. Questo comporta dal punto di vista economico una crescita sempre maggiore dal momento che queste macchine intelligenti vengono affiancate al lavoro dell'uomo e vengono utilizzate come fonte di raccolta di informazioni.

Se però da una parte vediamo la tecnologia come strumento per rendere la vita dell'uomo più semplice e agiata, in poche parole migliore, dall'altra è vero pure che ci stiamo addentrando in un'era particolare che vede come principale protagonista la macchina stessa, dotata di un processore, di ram e tante altre schede, e probabilmente non più l'uomo.

In ogni caso, tralasciando questo aspetto decisamente più filosofico, è da notare come grazie alla digitalizzazione che le aziende si sono evolute e hanno cambiato il proprio mindset. Ma non solo. Ad aver subito una profonda trasformazione è stato soprattutto il processo produttivo, il quale attualmente è atto ad evitare gli sprechi e ad incrementare quantità e qualità dei prodotti. Tutto questo è infatti possibile grazie alla ricezione continua delle informazioni raccolte dai macchinari e/o software in tempo reale, quindi *data collection* e *data visualization*. Questi due elementi racchiudono tutto l'essenziale per una discreta raccolta di dati e, di conseguenza, un loro essenziale utilizzo.

Fondamentale in questo processo è l'automazione ormai quasi onnipresente nelle realtà industriali, sia piccole che grandi. Essa infatti contribuisce ad incrementare la produttività e l'efficienza dell'azienda, riaffermando quei principi di economia in termini di risparmio di costi e risorse e di miglioramento della qualità sopra citati.

A supporto di ciò, l'esperienza fatta con l'azienda Campetella Robotic Center, che coglie in pieno il significato di processo produttivo automatico, macchine intelligenti, raccolta di informazioni etc, rappresenta una importante

testimonianza di ciò finora detto. Infatti, come visto, attraverso un'efficiente infrastruttura informatica e un buon sistema di acquisizione e visualizzazione dati, è possibile analizzare in tempo reale il comportamento dei macchinari, avendo un tempo di reattività minimo di azione su di essi.



# Bibliografia

- [1] B. C. Group, “Embracing industry 4.0 and rediscovering.” <https://www.bcg.com/it-it/capabilities/operations/embracing-industry-4.0-rediscovering-growth>.
- [2] HDblog.it, “Cyro, il robot medusa che pattuglierà le acque usa.” <https://www.hdblog.it/2013/03/29/cyro-il-robot-medusa-che-pattugliera-le-acque-usa-video/>.
- [3] e-Zigurat, “What do the next five years hold for the iot?” <https://www.e-zigurat.com/innovation-school/blog/what-do-the-next-five-years-hold-for-the-iot/>.
- [4] R. M. in Scienza & Tecnologia, “Dall’uomo sapiens all’uomo technologicus.” <https://wsimag.com/it/scienza-e-tecnologia/16582-dallhomo-sapiens-allhomo-technologicus>, 2015.
- [5] KEY4, “Sistema mes e industry 4.0: Facciamo un po’ di chiarezza.” <http://www.key-4.com/mes-e-industry-4-0-facciamo-un-po-di-chiarezza/>.
- [6] Q. Informatica, “Il mes (manufacturing execution system) è la soluzione software specializzata nella gestione della produzione.” <https://www.qualitas.it/mes-software-mes-manufacturing-execution-system/>.
- [7] A. Devices. <https://www.analog.com/en/index.html>.
- [8] Wikipedia, “Industria 4.0,” 2020.
- [9] L. Maci, “Che cos’ è l’industria 4.0 e perché è importante saperla affrontare,” 2017.

- [10] P. Russom *et al.*, “Big data analytics,” *TDWI best practices report, fourth quarter*, vol. 19, no. 4, pp. 1–34, 2011.
- [11] RobotWorx, “What are autonomous robots?,” 2017.
- [12] K. Chukalov, “Horizontal and vertical integration, as a requirement for cyber-physical systems in the context of industry 4.0,” *Industry 4.0*, vol. 2, no. 4, pp. 155–157, 2017.
- [13] F. Xia, L. T. Yang, L. Wang, and A. Vinel, “Internet of things,” *International journal of communication systems*, vol. 25, no. 9, p. 1101, 2012.
- [14] D. Craigen, N. Diakun-Thibault, and R. Purse, “Defining cybersecurity,” *Technology Innovation Management Review*, vol. 4, no. 10, 2014.
- [15] B. Sosinsky, *Cloud computing bible*, vol. 762. John Wiley & Sons, 2010.
- [16] A. Nanakoudis, “Cos’è la tecnologia dell’additive manufacturing? come funziona?,” 2018.
- [17] K. V. Wong and A. Hernandez, “A review of additive manufacturing,” *International scholarly research notices*, vol. 2012, 2012.
- [18] S. Zlatanova, “Augmented reality technology,” *GIST Report No. 17, Delft, 2002, 72 p.*, 2002.
- [19] G. Arduini, “La realtà aumentata e nuove prospettive educative,” *Education Sciences & Society*, vol. 3, no. 2, 2012.
- [20] Forbes, “9 powerful real-world applications of augmented reality (ar) today.” <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/07/30/9-powerful-real-world-applications-of-augmented-reality-ar-today/#12679a632fe9>.
- [21] Prototypr.io, “Augmented reality for moovit.” <https://blog.prototypr.io/augmented-reality-for-moovit-44db55c4d9cd>.
- [22] A. F. De Toni and C. Battistella, “Dal ‘sapiens sapiens’ all’‘homo technologicus’: la co-evoluzione uomo-macchina,” 2008.

- [23] G. O. Longo, “L’etica al tempo dei robot,” *Mondo digitale*, no. 1, pp. 3–20, 2007.
- [24] J. Smart, “The simbiotic age,” 2004.
- [25] Wikipedia, “Tamagotchi.” <https://it.wikipedia.org/wiki/Tamagotchi>, 2020.
- [26] Robotiko, “Aibo cane robot sony, prezzo e modelli.” <https://www.robotiko.it/aibo-cane-robot-sony/>, 2016.
- [27] Copadata, “Scada – supervisory control and data acquisition.”
- [28] Wikipedia, “Manufacturing execution system,” 2020.
- [29] F. I. 4.0, “Cloud computing: la settima tecnologia abilitante dell’industria 4.0,” 2020.

# Ringraziamenti

A conclusione di tutto ciò, desidero dedicare un piccolo spazio a chi, con dedizione e pazienza, ha contribuito alla realizzazione di questo elaborato e mi è stato accanto in questo lungo percorso.

In primis, un ringraziamento speciale al mio relatore, nonché tutor aziendale, il Prof. Emanuele Frontoni per la sua pazienza e la disponibilità offertami, nonostante gli innumerevoli impegni. Rimanendo nell'ambito universitario, un ringraziamento va anche al Dott. Luca Romeo per i suoi consigli e per avermi suggerito puntualmente le giuste modifiche da apportare ai vari lavori. Ringrazio inoltre tutto lo staff dell'azienda Campetella Robotic Center, attraverso la quale ho potuto portare a termine un tirocinio assai formativo, per l'ospitalità, la disponibilità, le conoscenze trasmesse e per le skills acquisite sul campo.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia ed i miei parenti che mi hanno sempre sostenuto, appoggiando ogni mia decisione, fin dalla scelta del mio percorso di studi e che, nel momento del bisogno si sono dimostrati sempre disponibili e pronti a darmi manforte. Senza il loro aiuto, emotivo ed economico soprattutto, non avrei mai potuto intraprendere questo percorso di studi e non sarei qui ora a scrivere queste righe. Un grazie speciale va ai miei amici e colleghi, con i quali purtroppo non passo mai abbastanza tempo insieme, fonti di divertimento e condivisione, sempre pronti a strapparti un sorriso quando più ne hai bisogno. Infine, ma non per importanza, ringrazio Giovanna per essermi stata sempre accanto, per aver sopportato le mie infinite lamentele, per la sua pazienza e il suo senso del dovere, che mi hanno portato ad essere la persona che sono oggi.

Per ultimo, credo sia importante dedicare questa tesi a me stesso, a ricordo dei sacrifici e della tenacia che mi hanno permesso di arrivare fin qui. Rammentarsi degli importanti obiettivi raggiunti nella vita ogni tanto fa bene.



Sperando che ne arrivino molti altri...