



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI ECONOMIA “GIORGIO FUÀ”

Corso di Laurea Magistrale in Economia e Management
Amministrazione, Finanza e Controllo

INDUSTRIE 4.0 E SISTEMI DI ADVANCED BUSINESS ANALYTICS:
IL RUOLO GIOCATO DALL’INTELLIGENZA ARTIFICIALE.

A3CUBE Inc. e ALFA case study.

(Industrie 4.0 and Advanced business analytics:
the role of Artificial Intelligence.
A3CUBE Inc. and ALFA case studies)

Relatore: Chiar.mo
Prof. Cucculelli Marco

Tesi di Laurea di:
Baldoni Camilla

Anno Accademico 2018 – 2019

*Il computer non è una macchina intelligente
che aiuta le persone stupide,
anzi è una macchina stupida
che funziona solo nelle mani delle persone intelligenti.*

Umberto Eco

INDICE

<i>Introduzione ed Executive Summary</i>	1
1. INDUSTRIE 4.0	4
1.1 DEFINIZIONE DI INDUSTRIE 4.0	4
1.2 L'INTERNET DELLE COSE E DEI SERVIZI: RAMI 4.0	4
1.2.1 I Asse: I livelli gerarchici dell'impresa	8
1.2.2 II Asse: Il ciclo di vita del flusso di valore	10
1.2.3 III Asse: L'architettura	12
1.2.4 La Administration Shell	13
1.3 IL CYBER PHYSICAL SYSTEM (CPS)	15
1.4 INDUSTRIA 4.0: INNOVATION E DISRUPTION DEL PARADIGMA LEAN MANUFACTURING	18
1.4.1 I fornitori	20
1.4.2 I clienti	23
1.4.3 Il processo	24
1.4.4 Fattori Umani e di Controllo	28
1.4.5 Conclusioni ed elementi di "Disruption"	33
2. LA BUSINESS INTELLIGENCE	37
2.1 DEFINIZIONE DI BUSINESS INTELLIGENCE	37
2.2 LA BI NEL SISTEMA INFORMATIVO AZIENDALE	37
2.3 L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI BI	39
2.3.1 Il motore OLAP	40
2.3.2 Il modello di maturità analitica di Gartner	42
2.3.3 Dalla BI tradizionale alle Advanced Business Analytics	46
3. A3CUBE	48
3.1 LA STORIA	48
3.2 DAL SUPERCOMPUTER AL PERSONAL SUPERCOMPUTER: I PRODOTTI E IL BUSINESS MODEL	52
3.2.1 I prodotti	52
3.2.2 Il Business Model	57
3.3 IL RUOLO DELL'IA IN INDUSTRY 4.0 E NEI SISTEMI DI ADVANCED BUSINESS ANALYTICS: LA RICETTA PER LA FABBRICA DEL FUTURO	64
3.3.1 Il funzionamento di un meccanismo di Intelligenza Artificiale	65

3.3.2 Componenti essenziali di un meccanismo di IA: Dati e Computational Power.....	74
3.3.3 La scelta della giusta Architettura	79
3.4 L'ASPETTO ETICO DELL'IA: IL PUNTO DI VISTA DELL'ESPERTO	84
4. IL BUSINESS CASE ALFA: DALLA TEORIA ALLA PRATICA.....	88
4.1 UNA VISIONE DI INSIEME	88
4.1.1 Aspettative vs Realtà.....	88
4.1.2 Opportunità strategica vs Rischio Potenziale	89
4.1.3 Differenze nell'adozione e nella comprensione dei principi di IA	91
4.1.4 Management Challenge e prospettive in ambito lavorativo	93
4.2 SMART EXECUTION, SMART INTEGRATION E SMART PLANNING	95
4.3 L'IMPRESA ALFA.....	99
4.4 IL PROGETTO: SVILUPPO DI UN SISTEMA PREDITTIVO BASATO SU IA PER L'OTTIMIZZAZIONE DEL MAGAZZINO E DELLA PRODUTTIVITÀ	100
4.4.1 La metodologia	100
4.4.2 L'attività di Machine Learning: Regressione lineare vs Rete Neurale.....	104
4.5 IL PIANO DI LAVORO: L'IMPLEMENTAZIONE DEL MECCANISMO DI IA STEP BY STEP	108
4.5.0 FASE 0: Preparazione dei dati	109
4.5.1 FASE 1: Costruzione dell'algoritmo di "Profiling".....	113
4.5.1.1 FASE 1.1: Valutazione dei prodotti affini.....	119
4.5.1.2 FASE 1.2: Training→Test→Validazione	121
4.5.2 FASE 2: Costruzione dell'algoritmo finale "Recommender"	122
4.5.3 FASE 3: Calcolo del Reorder Point	125
4.6 L'IMPLEMENTAZIONE DELL'IA IN TERMINI DI SURPLUS: LA CATENA DEL VALORE DI PORTER ED IL CALCOLO DEL VAN	127
4.7 CONCLUSIONI ED ELEMENTI DI DISRUPTION	133
<i>Appendice</i>	136
<i>Intervista ad Antonella Rubicco (CEO A3Cube): "Da Novara alla Silicon Valley, l'esperienza di integrazione nel mercato americano"</i>	
<i>Ringraziamenti</i>	141
<i>Bibliografia & Sitografia</i>	143

Indice delle Figure

Figura 1.1: Internet delle Cose e dei Servizi	5
Figura 1.2: RAMI 4.0	7
Figura 1.3: Confronto Industrie 3.0 e Industrie 4.0	10
Figura 1.4: Il ruolo della Administration Shell in Industrie 4.0	14
Figura 1.5: L'architettura delle 5C per l'implementazione di un Cyber-Physical-System	18
Figura 1.6: Impatto dell'Industria 4.0 nella Pull production	25
Figura 2.1: La piramide di Anthony con gli applicativi direzionali e operativi	39
Figura 2.2: L'architettura di una BI tradizionale e il cubo di OLAP	41
Figura 2.3: Modello di maturità analitica di Gartner	44
Figura 3.1: Organigramma aziendale A3Cube	63
Figura 3.2: La rete neurale Umana	72
Figura 3.3: La rete neurale Artificiale	73
Figura 3.4: Modello di funzionamento di una rete neurale nella catena di produzione	73
Figura 3.5: Il valore relativo del dato	77
Figura 3.6: L'architettura di un processo di Machine Learning	82
Figura 4.1: Aspettative riguardo l'implementazione dell'IA nell'offerta di prodotti (a sinistra) e nei processi aziendali (a destra)	89
Figura 4.2: AI come opportunità strategica e rischio	90
Figura 4.3: Ragioni principali nell'adozione dell'IA	91
Figura 4.4: Confronto di efficienza in termini di minor errore % tra approccio lineare e neurale	108
Figura 4.5: Determinazione del fattore α con il metodo del "Gradient descent"	118
Figura 4.6: FASE 1.2/2.1 - Training → Test → Validazione dell'algoritmo	122
Figura 4.7: La catena del valore di Porter	132
Figura 4.8: Schema riassuntivo il meccanismo di funzionamento alla base del progetto Alfa	134

Indice delle Tabelle

Tabella 2.1: Analisi del dato nei sistemi di Business Intelligence	44
Tabella 4.1: Fasi di realizzazione del progetto Alfa	108
Tabella 4.2: Matrice di struttura dell' algoritmo di Profiling	114
Tabella 4.3: Matrice di struttura dell' algoritmo Recommender	125
Tabella 4.4: CFO annui generati dal progetto in termini di variazione annua del Capitale Circolante Netto relativo alle Rimanenze	130

Indice dei Box esemplificativi

BOX 1.4.1: La gestione del gruppo Fornitori nel linificio	22
BOX 1.4.2: La gestione del gruppo Clienti nel linificio	24
BOX 1.4.3: La gestione del gruppo Processo nel linificio	27
BOX 1.4.4: La gestione del gruppo Fattori umani e di Controllo nel linificio	32
BOX 3.3.1: Il modello di Augmented AI nel linificio	67
BOX 3.3.2: La relazione Input/Output nella rete neurale del linificio	72
BOX 3.3.3: Risultati desiderati e attesi dal linificio	83

Introduzione ed Executive Summary

“Quattro anni fa, l’implementazione dell’Intelligenza Artificiale era ancora rara: solo il 10 % degli intervistati affermava che la sua organizzazione stava utilizzando sistemi di IA o aveva intenzione di farlo a breve. Nel 2019, questo numero è balzato al 37%, un incremento del 270% nel giro di quattro anni¹”.

C. Howard, vicepresidente di Gartner

Lo scopo principale dell’elaborato è racchiuso intorno all’analisi, teorica ed empirica, del ruolo giocato dall’implementazione dell’Intelligenza Artificiale nei processi di business con particolare attenzione al settore manifatturiero, cuore pulsante dell’economia italiana.

Le *fil rouge* si srotola intorno alla questione sul come gli strumenti di *Artificial Intelligence*, applicati in azienda, abbiano rappresentato (e rappresentino tuttora) l’elemento *Dirompenente* i paradigmi passati e dunque la chiave di volta nella transizione verso *Industrie 4.0* ed i più evoluti sistemi di *Advanced Business Analytics*.

Ad oggi infatti, appellandosi alla letteratura esistente sul tema, può risultare non sempre di immediata comprensione cosa ci sia di davvero nuovo nella quarta rivoluzione industriale rispetto alla precedente, con il conseguente rischio di

¹ *The 2019 Gartner CIO Agenda survey.*

sottovalutarne le opportunità e i benefici potenziali per il business e per il progresso della società in generale.

A tal fine si è rivelata preziosa fonte di contenuti e di valore aggiunto alla tesi, la collaborazione con A3Cube: azienda di origine italiana ma con sede a San Jose, progetta macchine addestrate alla funzione di *learning*, analisi e *computing* ad alte prestazioni di grandi quantità di dati da ormai 20 anni, ovvero da molto più tempo rispetto a quando si è cominciato a parlare di tali argomenti come “temi di attualità”. Data l’elevata complessità e relativa novità della materia, i *4 capitoli* in cui si articola l’elaborato sono stati strutturati in modo da poter costantemente ricondurre la teoria al caso pratico derivante dall’esperienza A3Cube.

I primi due capitoli, benché arricchiti da numerosi esempi, sono maggiormente compilativi ed atti a fornire la base teorica della letteratura di riferimento per la comprensione del seguito. Nel terzo e quarto capitolo si è scelto invece di creare qualcosa di nuovo, cercando di fare tesoro ed esplicitare quanto più possibile delle conoscenze e del lavoro di Emilio Billi, in qualità di ingegnere esperto in Intelligenza Artificiale nonché CTO e *co-founder* A3Cube.

Il *Capitolo 1* nell’analizzare le componenti della definizione di *Industrie 4.0*, chiarisce il ruolo giocato dall’*Internet of Things* alla base del modello RAMI 4.0 (*Reference Architecture Model Industrie 4.0*) e analizza i 5 livelli di un CPS per poi approfondire l’impatto della *Smart Factory* nel paradigma *Lean Manufacturing*.

Nel *Secondo capitolo* viene affrontato il tema dell’evoluzione dei sistemi di

Business Intelligence e di come l'Intelligenza Artificiale, base di analisi predittive e prescrittive, abbia permesso lo sviluppo delle *Advanced business analytics*.

Si vuole definire il *Capitolo 3* come “*Made in A3Cube*” in quanto integralmente frutto delle conoscenze apprese sia nel corso del periodo di collaborazione con l'azienda sia, in particolare, durante la partecipazione allo “*AI & Big Data Expo Europe 2019*” tenutosi ad Amsterdam il 19-20 giugno 2019 dove A3Cube ed Emilio Billi hanno preso parte, rispettivamente, in qualità di *Platinum Sponsor* e *Speaker*. Questo capitolo, oltre a raccontare storia e *Business Model* societari, svela la “ricetta per la fabbrica del futuro” e il perché *Dati* e *Computational Power* ne siano gli ingredienti fondamentali.

Nel *Capitolo 4* si passa dalla teoria alla pratica con l'esposizione del business case *Alfa*, azienda dell'Alta Italia specializzata nel settore della tessitura serica e ad oggi uno dei maggiori produttori B2B al mondo di tessuti stampati, uniti e tinti in filo, jacquard per abbigliamento, fornitore delle maggiori case di moda e del *pret-à-porter*. Il progetto, integralmente ideato e sviluppato in collaborazione con A3Cube, concerne la realizzazione di un sistema predittivo basato su Intelligenza Artificiale per ottimizzare la programmazione e la gestione del magazzino in funzione della potenziale e futura domanda prevista.

In *Appendice* viene infine riportata l'intervista ad Antonella Rubicco (CEO e *co-founder* A3Cube) riguardo l'esperienza di integrazione nel mercato della Silicon Valley.

1. INDUSTRIE 4.0

1.1 DEFINIZIONE DI INDUSTRIE 4.0

Ormai di uso quotidiano, il termine *Industrie 4.0* è di origine tedesca e risale al 2011 quando Henning Kagermann, Wolf-Dieter Lukas e Wolfgang Wahlster lo utilizzarono per la prima volta in un discorso tenutosi alla Fiera di Hannover durante la quale venne appunto formulato e annunciato lo *Zukunftsprojekt [progetto futuro] Industrie 4.0*.

La definizione ritenuta più corretta e pertinente ai fini esplicativi dell'elaborato, è quella fornita dall'Accademia nazionale tedesca per la scienza e l'ingegneria (2011) che concepisce il concetto come “*l'integrazione tecnica del CPS (Cyber Physical System) nella produzione e nella logistica, così come l'applicazione dell'Internet delle Cose e dei Servizi (IoT) nei processi industriali, incluse le conseguenze che ne derivano per la creazione di valore, i modelli di business e, a valle, per la fornitura di servizi e l'organizzazione del lavoro*”.

Sebbene fortemente collegate tra loro, se ne analizzano le principali componenti.

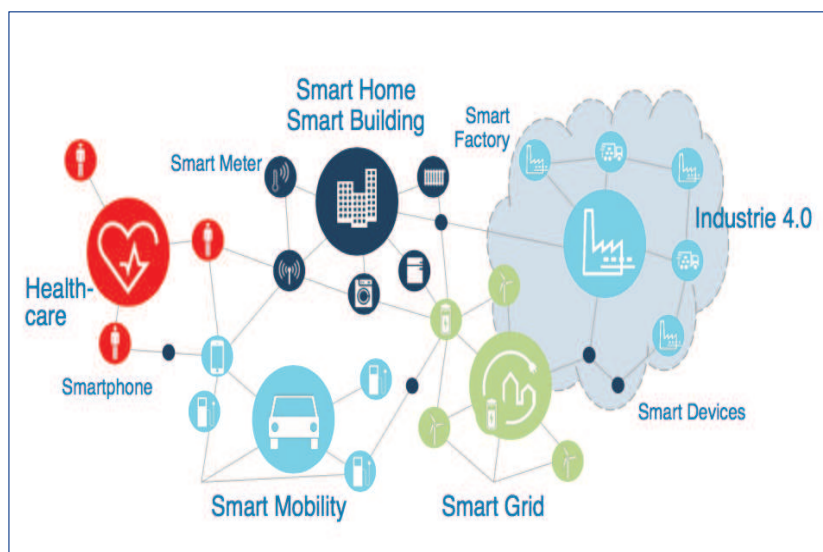
1.2 L'INTERNET DELLE COSE E DEI SERVIZI: RAMI 4.0

Secondo Gartner, società leader nella consulenza strategica in campo *IT*, l'*IoT* comprende il *network* degli oggetti che incorporano tecnologia al fine di comunicare, percepire o interagire con i loro stati interni o con l'ambiente esterno.

Come illustra la Figura 1.1, la realizzazione del modello *Industrie 4.0* rappresenta uno dei maggiori campi di applicazione dell'*IoT*, insieme a *Health-Care* (in

particolare per il monitoraggio e la diagnosi preventiva di massa), *Smart Mobility* (dal Gps, al servizio di *Shared Mobility*, alla *Self-driving car*), *Smart Grid* (per l'integrazione intelligente delle azioni in campo energetico di tutti gli utenti ad essa connessi come generatori, consumatori e *prosumers* al fine di distribuire energia in modo efficiente, sostenibile, economicamente vantaggioso, e sicuro) e *Smart Home and Building* (per la sicurezza, la manutenzione degli impianti e la gestione degli scenari e dell'energia domestica). I cinque elementi menzionati costituiscono inoltre l'infrastruttura alla base della cosiddetta *Smart city*².

Figura 1.1: Internet delle Cose e dei Servizi



Fonte: Bosch Rexroth AG

² Per ulteriori approfondimenti sul concetto di *Smart city* si rimanda a: Reviglio et Al. (2013) *Smart City Progetti di sviluppo e strumenti di finanziamento*, Cassa depositi e prestiti, 2013

Per quanto riguarda in particolare la componente *Industrie 4.0*, si può parlare di *Smart Factory* come la fabbrica “*caratterizzata da un più alto grado di connettività ed interoperabilità, definite come la capacità di un sistema di interagire con altri sistemi senza un particolare sforzo per l’integrazione*” (IEC White Paper, 2015).

La Comunicazione è dunque l’elemento attorno al quale gira tutto il modello di fabbrica *smart* ed è quindi di fondamentale importanza, ora più che mai, identificare e orientare i meccanismi di relazione nel senso della maggiore profondità e trasversalità al fine di poter controllare e prendere in considerazione le volontà e i bisogni non solo dei diversi stakeholder, ma anche degli apparati e delle funzioni componenti la struttura organizzativa andando così a delimitare un ambiente organizzativo dove possono essere intercettati, analizzati ed elaborati i dati risultanti dalle molteplici interazioni.

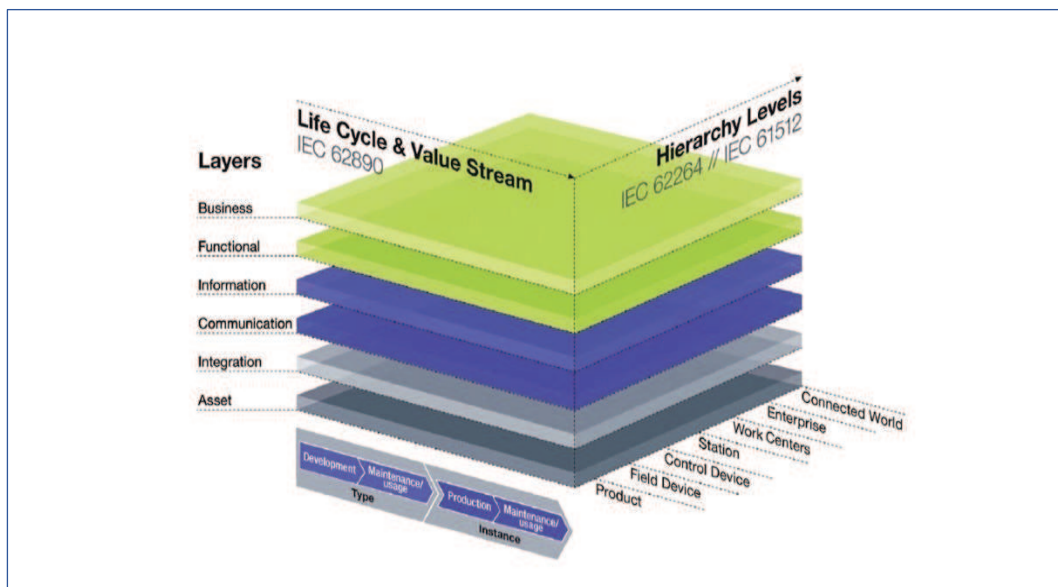
In questo contesto si può notare come vengano riscritti e reinterpretati i paradigmi teorici in materia di Organizzazione Aziendale.

All’interno della fabbrica intelligente, intesa come luogo dove capitale umano e capitale fisico sono collegati e si relazionano nello svolgimento delle loro mansioni, il concetto di Internet delle Cose e dei Servizi assume un ruolo centrale nella definizione della struttura architeturale di riferimento alla base del modello *Industrie 4.0* denominata per l’appunto RAMI 4.0 (*Reference Architecture Model Industrie 4.0*) la quale per di più non rappresenta che un adattamento dello SGAM (*Smart Grid Architecture Model*) al contesto aziendale.

Sostanzialmente RAMI 4.0 è un modello tridimensionale sviluppato da un Consorzio formato dall'Associazione degli ingegneri tedeschi (VDI) e da quella dei tecnici elettrici ed elettronici tedeschi (ZVEI) che descrive lo spazio nel quale *Industrie 4.0* si manifesta assicurando uniformità di comprensione tra tutti coloro che ne prendono parte.

Tra i benefici del modello si riconoscono un'architettura *service-oriented*, la combinazione di tutti gli elementi aziendali e componenti IT in un'unica struttura di livelli e la suddivisione di processi complessi in pacchetti facili da comprendere. Il cubo illustrato nella Figura 1.2 è atto a rappresentare come i piani orizzontali intersecano l'asse verticale mostrando le diverse prospettive (*Business, Functional* ecc...).

Figura 1.2: RAMI 4.0



Fonte: Plattform Industrie 4.0 and ZVEI

1.2.1 I Asse: I livelli gerarchici dell'impresa

Facendo riferimento alla Piramide dell'automazione industriale³ (IEC 62264/61512-ANSI/ISA 95/88)⁴ con l'aggiunta delle componenti *Product* e *Connected World*, esso descrive in ottica funzionale la gerarchia e l'allocatione delle responsabilità all'interno degli stabilimenti e degli impianti.

Considerando tale dimensione, risulta immediato il paragone tra *Industrie 3.0* e *4.0* (Figura 1.3). Sebbene la precedente rivoluzione industriale (1970-2011) già si caratterizzasse per l'ingresso nei processi aziendali dell'*ICT* di prima generazione con conseguente aumento dei livelli di automazione in ambito produttivo, lavorativo e gestionale, la centralità ricadeva su una struttura *hardware-based*, le funzioni erano di conseguenza limitate e legate alla materialità e potenzialità della componente fisica, la comunicazione era essenzialmente *hierarchy-based* (rigida e verticale) e il prodotto era una unità a sé stante e "isolata". In tale contesto il valore

³ Un sistema di Automazione può essere descritto come una Piramide (modello CIM) nella quale si possono individuare diversi livelli che partono dalla base del sistema, che è il processo da controllare, e arrivano alle strutture aziendali generali. Una delle versioni più diffuse della piramide CIM distingue quattro livelli: il "campo", cioè il luogo dove si trovano i processi da controllare e i sensori; il "controllo", dove si trovano i dispositivi di automazione come regolatori, controllori, HMI locali ecc.; la "supervisione" con i PC e i sistemi deputati al monitoraggio; il livello "enterprise" dove risiedono le altre attività aziendali.

⁴La Commissione elettrotecnica internazionale (International Electrotechnical Commission in inglese, Commission electrotechnique internationale in francese), acronimo IEC (dal nome inglese), è un'organizzazione internazionale per la definizione di standard in materia di elettricità, elettronica e tecnologie correlate. Molti dei suoi standard sono definiti in collaborazione con l'ISO (Organizzazione internazionale per la normazione).

informativo del dato era limitato al monitorare che la produzione procedesse nella giusta via precedentemente decisa.

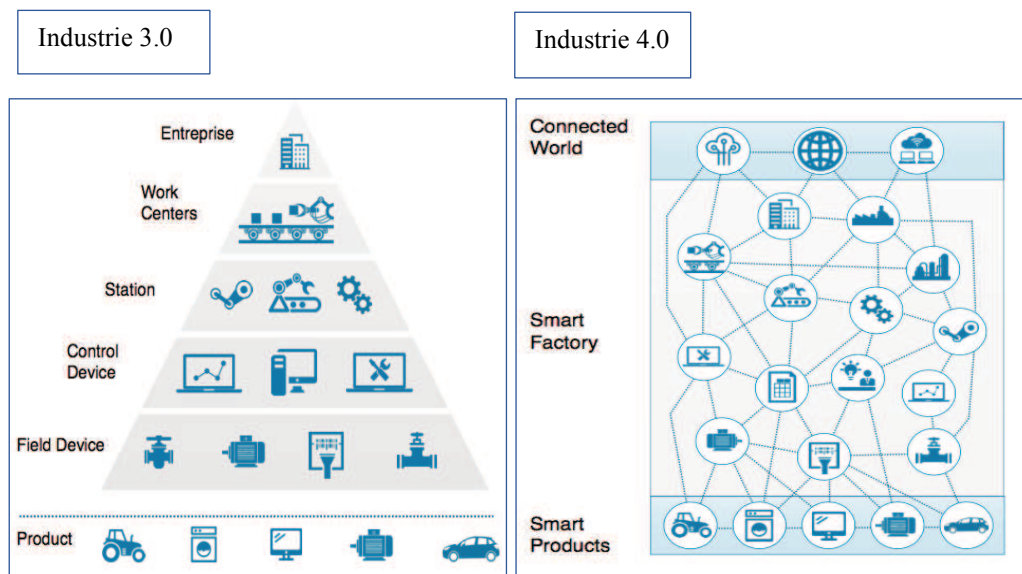
Al contrario il cambio di paradigma portato dalla quarta rivoluzione in atto si basa su sistemi e macchine flessibili dove, da un lato le diverse funzioni sono distribuite all'interno del *network* e dall'altro i partecipanti possono interagire secondo rapporti di tipo orizzontale e soprattutto trasversale attraverso i diversi livelli gerarchici. Ora i dati provenienti da ciascun *layer* della piramide sono in relazione ed integrabili con quelli derivanti da ogni altro permettendo al prodotto di essere parte attiva del *data network* in vista di un continuo e progressivo miglioramento qualitativo grazie al graduale aggiustamento dei parametri alle variabili interne ed esterne al processo produttivo che hanno un'influenza più o meno diretta sull'*output*. In questo senso emerge il ruolo centrale assunto dalla Comunicazione tra tutti i partecipanti (interni ed esterni) alla vita aziendale, incluso il prodotto.

Di rilievo è la componente *software* e *cloud* che permette la costruzione di un *Connected World* il quale quindi rappresenterebbe l'interazione sistemica che si pone oltre i confini della singola fabbrica rafforzando l'importanza e la crucialità delle *interdipendenze aziendali*, del *task environment* (ambiente specifico) ed dell'*embeddedness* (ambiente istituzionale).

Infine, come spiegato da Emilio Billi nel contesto *dell'European AI and Big Data Expo 2019* e come verrà illustrato dal case study trattato più avanti, la vera rivoluzione nel passaggio tra *Industrie 3.0 e 4.0* non risiede neppure totalmente

nell'automazione del processo produttivo o nell'elaborazione dei dati rilevati dai sensori per trarne informazioni (competenze che si avevano anche nell'ambito della terza rivoluzione industriale) quanto nello sviluppo della *Capacità predittiva*. Con *Industry 4.0* si passa infatti da un modello di tipo reattivo ad uno di Intelligenza Artificiale autoapprendente dove tramite attività di *Machine Learning* si è capaci di elaborare previsioni e prescrizioni che si aggiornano automaticamente in base alla quantità e varietà di dati ricevuti.

Figura 1.3: Confronto Industrie 3.0 e Industrie 4.0



Fonte: Plattform Industrie 4.0 and ZVEI

1.2.2 Il Asse: il ciclo di vita del flusso di valore

In accordo con lo IEC 62890 (“*Life-cycle management for systems and products used in industrial-process measurement, control and automation*”) e richiamando i

principi della *Lean Manufacturing*⁵, vuole rappresentare il corso del *value stream* inteso come l'insieme delle azioni e dei processi necessari alla realizzazione di un prodotto, dal fornitore alla catena di montaggio fino all'ottenimento del prodotto finito. Il principio si basa sulla ricerca del globale efficientamento progressivo e continuo (*Kaizen*) piuttosto che sul miglioramento del singolo processo aziendale. RAMI 4.0 distingue due fasi (contigue) nella creazione del flusso di valore: *Tipo* e *Istanza*.

La prima comprende tutte le attività legate allo sviluppo del prototipo (*tipo*) di un prodotto (immissione di ordini di progettazione, attività di R&S, test...) fino a quando questo non viene autorizzato per la produzione in serie. A questo punto l'impianto realizzerà prodotti che sono *istanze* di uno specifico *tipo* avente un numero di serie unico; saranno dunque le *istanze* ad essere cedute al cliente. Anche tutte le modifiche (*Maintenance usage*) richieste in itinere al fine del perfezionamento o per la messa fuori produzione di alcuni componenti richiedono azioni che verranno apportate al *tipo* e soltanto a seguito di una nuova autorizzazione della correzione, la versione aggiornata del prodotto potrà essere messa in produzione. In particolare poi, tutti i dati e le specificità oggetto della richiesta del cliente al produttore per la produzione delle sue *istanze* sono immagazzinati in formato digitale nei sistemi IT sia perché devono essere sempre

⁵ Cfr Paragrafo 1.4

disponibili per l'intero ciclo di vita dell'*istanza*, sia per poter essere elaborati al fine di trarne utili informazioni e previsioni future.

1.2.3 III Asse: l'architettura

Nel terzo asse, quello verticale, sono rappresentate le proprietà strutturali rintracciabili in ciascun *asset* facente parte della fabbrica 4.0 (dal sensore alla macchina complessa ai dati provenienti dal processo di sviluppo e relativi ad un'*istanza* specifica): la siglatura uniforme di tutti i componenti fa in modo di agevolare, rendendola a più ampio raggio d'azione, l'attività di *Asset Management*.

Ciascun *asset* si articola in sei livelli (*layers*):

- *Asset*: rappresenta gli oggetti fisici che si trovano nel mondo reale e comprende anche gli operatori che si connettono al mondo digitale grazie all'*Integration layer*. In sostanza illustra la connessione passiva e separata di tutti i componenti che vengono poi integrati al livello superiore.
- *Integration*: regola la transizione dal mondo reale a quello digitale ovvero interfaccia l'universo hardware e quello software delle informazioni. A tal fine in questo *layer* sono concentrate le operazioni di raccolta dei dati provenienti dagli *asset* tangibili e intangibili sottostanti (sensori, HMI, lettori RFID ecc...), di standardizzazione degli stessi al fine dell'automatica elaborazione e di controllo dei processi tecnico-operativi.
- *Communication*: descrive le modalità di accesso all'informazione e alle funzioni proprie di uno specifico *asset* connesso, da parte degli altri. In particolare questo

livello si occupa di stabilire il formato dei dati al fine di uniformare i meccanismi di interazione e di provvedere all'erogazione dei servizi per il controllo e la gestione dell'*Integration layer*.

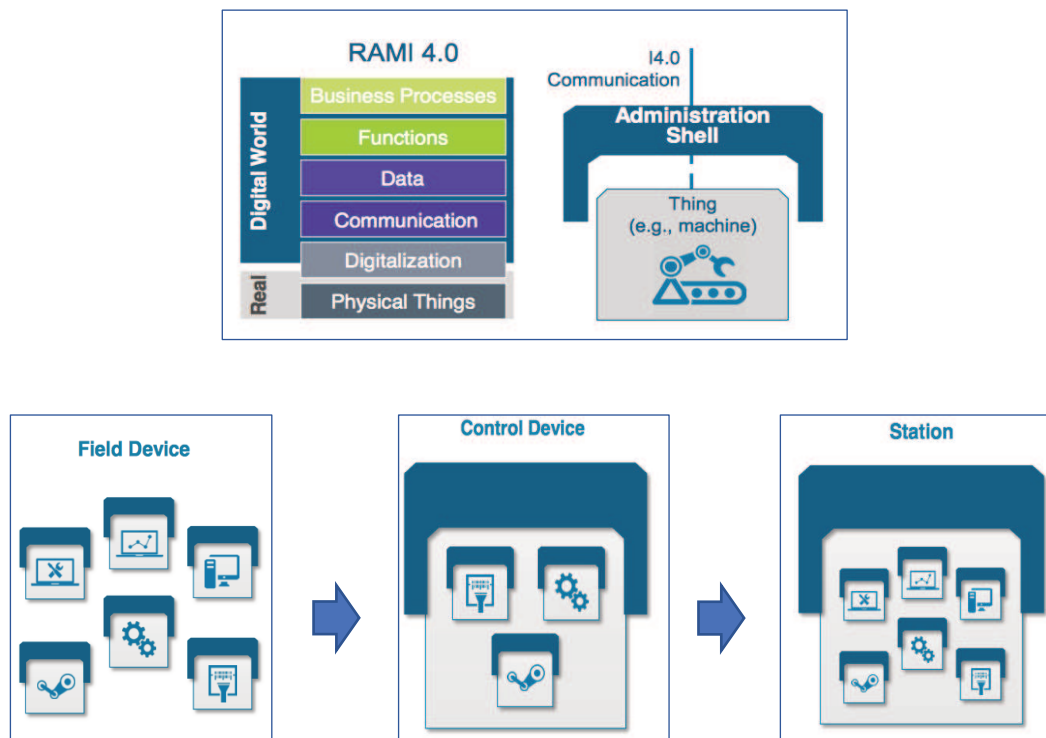
- *Information*: descrive quali tipologie di dati sono generati, modificati o utilizzati dalle funzionalità tecniche dell'*asset* in modo da poter stabilire le regole formali legate ad un evento ed effettuare una preelaborazione degli eventi futuri.
- *Functional*: descrive le funzioni tecniche dell'*asset* realizzando la piattaforma per l'integrazione orizzontale delle diverse funzioni e l'esecuzione dei servizi a supporto dei processi aziendali.
- *Business*: descrive i processi che si svolgono a livello organizzativo e aziendale atti a garantire l'integrità delle funzioni nel flusso di valore, collegare i diversi processi aziendali e gestire gli aspetti legali e regolamentari.

1.2.4 La Administration Shell

Data l'importanza della Comunicazione nel paradigma *Industry 4.0*, si descrive ora la *Administration Shell* ovvero la modalità attraverso la quale essa si realizza (Figura 1.4). Il compito di una *Administration Shell* è quello di immagazzinare i dati provenienti dai diversi *layer* e fungersi da interfaccia di comunicazione verso il *network*. Essa permette la connessione di *I4.0* alle *physical things*: se quest'ultime rappresentano il mondo reale, le *Administration Shells* ne sono la rappresentazione digitale. Di base ciascun *asset* possiede una propria "conchiglia" che ne raccoglie i

dati e che può a sua volta aggregarsi con quella di altri *asset* dando vita ad una unità funzionale con una propria *Administration Shell* e così via.

Figura 1.4: Il ruolo della Administration Shell in Industrie 4.0



Fonte: Elaborazione propria da Plattform Industrie 4.0 and ZVEI

Riassumendo, “Industrie 4.0 può essere considerata come una specializzazione dell’Internet delle cose e dei servizi che, congiuntamente, vanno a collocarsi all’interno del dominio Sistema di produzione-prodotto. Esso infatti raccoglie l’intima relazione esistente tra l’ingegnerizzazione degli strumenti di produzione, delle caratteristiche del prodotto e dei corrispondenti servizi” (Demartini, 2017).

1.3 IL CYBER PHYSICAL SYSTEM (CPS)

La seconda componente della definizione di *Industrie 4.0* analizzata è *l'integrazione del CPS nella produzione e nella logistica*. Sebbene l'Accademia nazionale tedesca per la scienza e l'ingegneria inglobi il concetto come parte del più esteso fenomeno, in realtà il *Cyber Physical System* può essere considerato complementare al termine *Industrie 4.0* per la realizzazione della *Smart Factory*. Infatti nell'ultimo decennio, i governi tedesco e statunitense hanno lanciato differenti iniziative ma con il medesimo scopo di accelerare l'implementazione dell'*IoT* e delle tecnologie *smart* di analisi in ambito industriale per efficientare il livello di performance, la qualità ed il controllo del processo produttivo. Se dal lato europeo tale sfida ha preso il nome di *Industria 4.0*, da quello americano è racchiudibile nel concetto di CPS.

A tale ragione, in linea generale si ritengono validi e generalizzabili i principi esposti nel corso dell'elaborato sull'*Industria 4.0* e pertanto l'approfondimento sui *Cyber Physical Systems* si limiterà ad una più chiara definizione del concetto e all'analisi dei cinque livelli (*5Cs Architecture*) per l'implementazione degli stessi nel processo produttivo.

Per *CPS* si intende un sistema ingegneristico complesso dove si richiede che gli oggetti fisici (*asset*) siano affiancati dalla propria rappresentazione nel mondo digitale (*cyberspace*) tramite un modello virtuale, che siano integrati con elementi dotati di capacità di calcolo (*computational power*), memorizzazione e

comunicazione, e che siano collegati in rete tra loro. Tramite *networking capabilities* il modello virtuale controlla il corrispondente *asset* fisico mentre quest'ultimo invia continuamente dati per aggiornare il proprio modello virtuale che può così auto-apprendere. Ad esempio, la nostra identità su Facebook rappresenta una *cyber-vita* che coesiste con la vita reale. In ambito industriale, ogni elemento e macchina ha un gemello virtuale contenuto nel *cyberspace* che assume la forma dei dati rilevati dalla rete di sensori e conseguentemente elaborati da algoritmi intelligenti per trarne informazioni riguardo lo stato di salute, di performance ed i potenziali rischi in *real time*.

È immediato il parallelismo e la correlazione tra CPS e *Administration Shells* sopra menzionate.

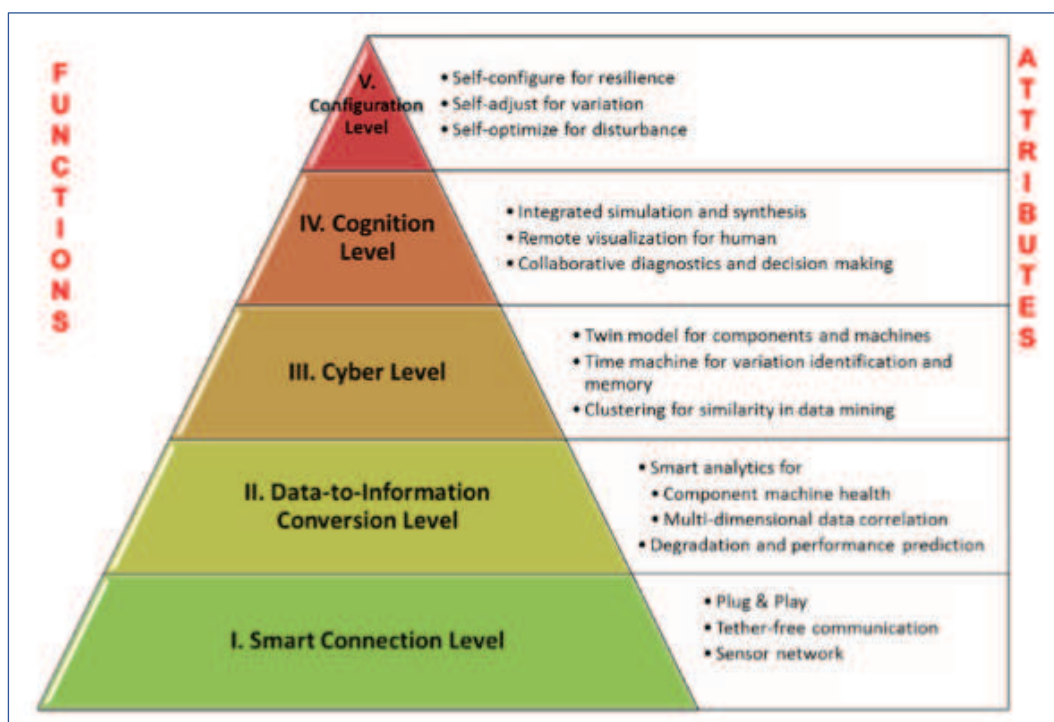
Nell'articolo "*Smart Factory systems*", Jay Lee (2015) definisce i 5 livelli in cui si articola un'architettura di CPS (*5C-level functions*) (Figura 1.5):

- *Connection (smart)*: richiede che i dati rilevati dalle macchine tramite sensori o sistemi ERP, MES o CMM e trasmessi al *cyberspace* siano precisi e corretti.
- *Conversion*: in questo livello i dati vengono elaborati e trasformati in informazioni utili. Di cruciale importanza quindi sono non soltanto i dati, ma anche il potere computazionale per elaborarli che negli ultimi anni è aumentato esponenzialmente rendendo materialmente possibile l'avvento della quarta rivoluzione industriale e la capacità di eseguire previsioni sempre più attendibili anche grazie all'impiego di reti neurali. L'obiettivo finale è quello di rendere la

macchina sempre consapevole riguardo il suo stato di salute.

- *Cyber*: inteso come luogo dove tutte le informazioni confluiscono e vengono elaborate tramite comparazioni *peer-to-peer* e modelli di collaborazione al fine di addestrare le macchine alla *self-comparison ability*. In questo livello il CPS è dunque utilizzato per valutare lo stato di salute degli *asset* fisici nei differenti stadi produttivi e compararli con i propri pari in un *network* di macchine.
- *Cognition*: dove finalmente si crea una conoscenza completa e globale del sistema e vengono quindi fornite indicazioni per prendere decisioni sulle priorità dei compiti da svolgere al fine dell'ottimizzazione dei processi. Si utilizzano a tal proposito strumenti di Business Intelligence come app di infografica che permettono di rappresentare le informazioni in maniera chiara e *user-friendly* al *decision maker*, fruibili anche tramite dispositivi come lo *smartphone*.
- *Configuration*: contiene il feedback restituito dal *cyber space* al *physical space* in modo tale da sviluppare una futura *self configuration*, *self-adaptation* e *self maintenance* delle macchine. Questo passaggio agisce come sistema di controllo della resilienza (RCS) per l'applicazione delle decisioni correttive e preventive prese.

Figura 1.5: L'architettura delle 5C per l'implementazione di un Cyber-Physical-System



Fonte: Jay Lee, Smart factory systems, in "Informatik Spektrum" V.38 I.3, 15 Maggio 2015

1.4 INDUSTRIA 4.0: INNOVATION E DISRUPTION DEL PARADIGMA LEAN MANUFACTURING.

Il concetto di flusso del valore esplicitato nel secondo asse (*Il ciclo di vita del flusso di valore*) del RAMI 4.0 rientra nel paradigma della *Lean Manufacturing* teorizzato e sperimentato per la prima volta nel 1988 dall'ingegnere giapponese Taichii Ohno nel *Toyota Production System (TPS)* e definito come "l'insieme delle pratiche industriali dirette ad identificare i processi che generano valore aggiunto per il cliente e ad attrarre il cliente verso l'organizzazione tramite logiche gestionali

basate su sistemi di tipo Pull⁶ e Just in time⁷ (Shah & Ward, 2007; Womack, Jones & Roos, 1990). Il *core* della produzione snella gira intorno alla creazione di un flusso di valore semplificato, dove la fornitura di prodotti segue il ritmo richiesto dai clienti con scarti minimi o nulli. Il sistema è basato su due pilastri ovvero quello del “*Just In Time*” sopracitato e del “*Jidoka*”. Quest’ultimo fa riferimento ad una parola di origine Giapponese traducibile in italiano con il termine *Autonomazione* il quale significato è racchiuso e spiegato nel proverbio Toyota “*Ferma la produzione in modo che la produzione non si fermi mai*” nel senso che ogni macchina e ciascun lavoratore devono essere rispettivamente programmate e formati in maniera tale da essere capaci di fermare tempestivamente il processo produttivo quando errori o condizioni anomale si verificano; in tal caso *l’asset* dovrà arrestarsi automaticamente mentre l’addetto stopperà il flusso produttivo per correggere il problema nel minor tempo possibile rendendo così fattibile un processo di *Build-in quality* attraverso la suddivisione di compiti tra uomini e macchine in modo da ottenere un lavoro più performante da parte di entrambi.

⁶ In una gestione di tipo “pull” l’ingresso dei prodotti in produzione è successivo all’ordine e dunque la produzione è regolata da valle del processo produttivo.

⁷ Nella sua accezione più ristretta, significa produrre solo quanto richiesto dal cliente nei tempi voluti dal cliente; nella versione più estesa, l’applicazione del JIT è finalizzata alla riduzione, nonché all’eliminazione, di tutte le forme di spreco che si realizzano all’interno della fabbrica e nei rapporti di fornitura.

In questo scenario irrompe *Industry 4.0* considerata non solo fattore innovativo abilitante la *Lean Automation*⁸ ma anche elemento dirompente il paradigma alla base del modello.

A tal proposito si ritiene interessante analizzare, con riferimento ai quattro *gruppi* e alle 10 *dimensioni* della *Lean Manufacturing* teorizzate da Shah e Ward (2007), un caso di studio estremamente esemplificativo e concreto raccontato da Emilio Billi (CTO e *co-founder A3Cube*) che come protagonista ha un linificio dell'Alta Italia rivoltosi ad A3Cube per l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale nell'intera filiera (dalla stigliatura della fibra, alla tessitura, allo stampa e ottenimento del prodotto finito) volta alla realizzazione di una produzione intelligente e sostenibile.

Il filo conduttore del paragrafo, dei *box* esemplificativi e dell'ultimo sotto paragrafo nello specifico, sarà quindi di sottolineare non solo gli elementi apportati dalla corrente 4.0 in termini di *Innovation* intesa come “*doing the same things a bit better*”, quanto quelli di “*Disruption che è la capacità di making things that make the old things obsolete*” (Tufani, 2019).

1.4.1 I fornitori

I. Il feedback ai fornitori

⁸ Impiego di nuove tecnologie e algoritmi intelligenti e predittivi per estrarre massimi benefici dalla Lean Manufacturing.

Secondo il sistema di *Lean Production* è importante che ogni critica o giudizio che l'azienda riceve dai clienti di qualsiasi tipo di prodotto o servizio sia periodicamente comunicata ai fornitori garantendo un efficace trasferimento di informazioni in ottica di *collaborative manufacturing*. Con *Industry 4.0* in particolare grazie al *cloud computing* ed ai *mobile computing services*, i dati relativi a prodotti e processi sono condivisi e sincronizzati pressoché in tempo reale con il *connected world* oltre i confini aziendali.

II. La consegna *Just In Time*

Il target ultimo dietro l'adozione di una politica di *JIT* è quello di avere un livello di scorte di magazzino pari a zero dove la fornitura raggiunga l'azienda *Just In Time* per poter essere totalmente impiegata nel processo produttivo o di trasformazione. In tale contesto lo sviluppo dell'*IoT* ha permesso l'adozione di dispositivi di comunicazione per la tracciabilità delle merci trasportate in modalità *wireless* assicurando non soltanto la riduzione del *lead time* e della marginalità di errore nella consegna, ma anche l'ottimizzazione del percorso di viaggio e dell'affidabilità nella logistica.

III. Lo sviluppo dei fornitori

Per l'implementazione della *Lean Manufacturing* nei processi aziendali è importante che anche tutti i membri della *supply chain* vengano coinvolti nel *Lean ecosystem* in modo da assecondare e sostenere lo sviluppo del produttore. Il *connected world* del RAMI 4.0 permette in tal senso la crescita di un *network*

tecnologico dove, da un lato si facilita la cooperazione e lo scambio di *asset* tangibili e intangibili tra partner e dall'altro è possibile risolvere i problemi legati all'incompatibilità di *hardware* e *software* tra produttore e *supplier* grazie alla sempre maggiore standardizzazione delle interfacce da parte degli *Global standardisation institutes*. Il ruolo di trasmissione delle informazioni e la costante comunicazione con il fornitore inteso come entità che si trova a monte dello stadio di produzione di volta in volta considerato, è di fondamentale importanza.

BOX 1.4.1: La gestione del gruppo Fornitori nel linificio

Nel progetto intrapreso nel linificio, oggetto anche della partecipazione ad un bando europeo nell'ambito del programma quadro UE *Horizon 2020*, si è disposti ad investire tempo e risorse nella realizzazione di una *Integrated supply chain* dove il fornitore viene considerato come parte integrante del *Network* dell'impresa e sostanzialmente trattato in maniera del tutto simile al caso in cui si fosse messa in atto una strategia di sviluppo più "invasiva" quale l'*Integrazione verticale a monte*.

Tramite l'analisi dei dati storici e l'implementazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale sono stati sviluppati modelli predittivi che permettono di determinare con precisione l'ordine del cliente finale e quindi di "giocare d'anticipo" e in maniera del tutto integrata sulla gestione degli ordini e della produzione, grazie a sistemi di CPS e di condivisione automatizzata delle informazioni e delle stime con il *Connected world in real time*.

In particolare, quella del lino è l'ultima e unica *Supply chain* europea al 100% con prodotti eccellenti, dalle piantagioni ai vestiti, ed è di fondamentale importanza per l'industria europea aumentare la sua produttività e sostenibilità al fine di non perdere la posizione di mercato.

In generale, il progetto vuole contribuire ad abbattere la concorrenza cinese che attualmente possiede un vantaggio competitivo in quanto acquista materia prima dall'Europa per poi lavorarla in Cina dove il costo della manodopera è molto inferiore e le leggi meno stringenti.

1.4.2 I clienti

IV. Il coinvolgimento dei clienti

Intorno al cliente si determina la sopravvivenza e il successo di qualsiasi business e, pertanto, porre attenzione a tutte le variabili influenzanti la scelta del prodotto da quando è ancora un *Tipo*, si rivela di fondamentale importanza anche perché, dal momento in cui questo si trasforma in *Istanza*, entra nel cosiddetto *Freeze period* entro il quale non sono permesse variazioni del mix di prodotto. La mentalità del “*sell and forget*” (Ganiyusufoglu, 2013) non funziona più soprattutto in un contesto dove *Mass Customization* e *Customer service* sono cruciali. Tuttavia grazie ai nuovi sistemi di produzione *smart* è possibile ritardare il *Freeze period* e tramite una sempre più efficiente e tempestiva elaborazione dei *Big Data*, dovuta anche ad un aumento della capacità computazionale a disposizione, è possibile sia ottenere

analisi di mercato più dettagliate, precise e immediate sia scoprire, esaminare e prevedere tutte le variabili e le relazioni nascoste dietro la scelta di acquisto del cliente grazie all'impiego di reti neurali che consentono, in un certo senso, di capovolgere l'impostazione di analisi e manipolazione della catena produttiva in ottica di *Backward processing*.

BOX 1.4.2: La gestione del gruppo Clienti nel linificio

Nel contesto del linificio, per quanto riguarda la componente *Clienti* l'obiettivo è di ottenere uno stretto controllo sulla qualità del prodotto finale. Attraverso un sistema automatizzato in grado di determinare in tempo reale la presenza o l'assenza di anomalie in un tessuto, i difetti sono rilevati ed elencati al fine di classificarli e indagarne le cause per offrire al cliente una sempre migliore qualità. I tessuti sono poi catalogati e quindi abbinati alle richieste dei clienti rendendo obsoleta la stessa ottica del *Just In Time* con modelli prescrittivi di produzione e gestione aziendale e della clientela; si cerca di trovare il miglior compromesso tra domanda e offerta grazie all'impiego di tecnologie abilitanti come l'Intelligenza Artificiale e il *data mining*.

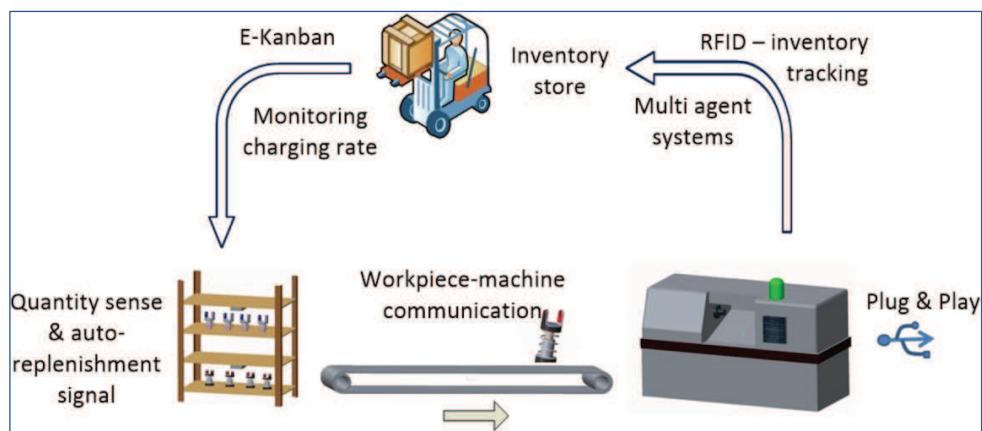
1.4.3 Il processo

V. Pull production

Come precedentemente spiegato, il sistema di produzione *pull* vorrebbe che un'operazione sia eseguita soltanto quando richiesta dal cliente. In tal senso si va

verso una produzione *JIT* realizzabile attraverso il metodo *kanban* (dal Giapponese “*kan*” = “visuale” e “*ban*” = “segnale”) in cui una stazione genera schede appunto denominate “*kanban*” per avviare l’operazione di una particolare stazione successiva (*e.g.* per la produzione, l’acquisto o la movimentazione dei materiali). Con le novità in campo *ICT* portate dalla quarta rivoluzione industriale, è possibile utilizzare un sistema di *kanban* elettronico (*e-kanban*) che permette di rilevare la scarsità o la mancanza di materiali tramite sensori di tipo RFID (IDentificazione a Radio Frequenze) ed innescare il successivo rifornimento trasmettendo i dati in modalità wireless a un sistema di controllo del magazzino in *real time* (Figura 1.6).

Figura 1.6: Impatto dell’Industria 4.0 nella Pull production



Fonte: Sanders et al. 2016

VI. Il flusso continuo

Un altro elemento chiave per la realizzazione di una produzione snella risiede nello stabilire un flusso di prodotti semplificato che attraversi l’intera fabbrica e dove ogni processo aggiunga valore all’output finale ma senza soste rilevanti.

Uno degli aspetti più dirompenti di *Industry 4.0* è in questo caso l'integrazione di sistemi *CPS* dove il singolo *asset* ha molte informazioni nella sua sfera virtuale: l'importanza assunta dalla progettazione fisica del *layout* di fabbrica per assicurare il flusso continuo viene meno in quanto, a prescindere dalla sua posizione materiale, il macchinario è ora in grado di supportare le decisioni in modo autonomo e comunicarle direttamente agli altri componenti fisici. Il *CPS* garantisce il flusso continuo secondo una duplice prospettiva: sia valutando autonomamente le situazioni anche a supporto del processo decisionale, sia accertandosi in *real time* che anche gli altri *CPS* stiano svolgendo i loro compiti correttamente.

VII. Minimizzazione dei tempi di Setup

Nell'attuale contesto di *mass customization* è necessario che il tempo per adattare il mix di prodotto alle richieste del cliente sia il più breve possibile. In tal senso nel TPS si è affermato il concetto di "*Single Minute Exchange to Die*" (SMED) in cui è stato dimostrato come fosse possibile ottenere un lotto economico d'acquisto molto piccolo (e dunque in linea con una produzione JIT) tagliando i tempi morti di attrezzaggio macchina e con un *Quick Changeover (QCO)*.

I macchinari di generazione 4.0, tramite attività di *Machine Learning* e autoapprendimento, sono addestrati in maniera tale da imparare ad adattarsi automaticamente e preventivamente alle esigenze dei diversi clienti.

BOX 1.4.3: La gestione del *gruppo Processo* nel linificio

È nell'ambito della progettazione architettuale del processo produttivo secondo i principi Industry 4.0 che si concentra il *core* del progetto del linificio evidenziando gli elementi di *Disruption* apportati al paradigma classico della *Lean Manufacturing*.

Ad esempio per quanto riguarda l'importanza del *flusso continuo*, il verificarsi di impurità o altri difetti in fase di filatura provoca la rottura del filo. Questa frattura richiede l'intercettazione manuale del lavoratore per riattaccare il filo ricollegandolo all'altro capo ed ottenere una matassa continua sulla bobina.

Tuttavia durante questa operazione la produzione negli altri mandrini continua e dunque il verificarsi di rotture su specifiche unità riduce notevolmente la produttività della macchina e aumenta gli sprechi di materiale. Pertanto la velocità di attacco è un fattore cruciale per la performance dell'output finale e nell'era dell'automazione industriale tutto dipendeva dall'esperienza e bravura del lavoratore. Al contrario, con l'automatizzazione non soltanto della rilevazione della rottura del filo ma anche dell'attività di attacco, si affina il *flusso continuo* con conseguente guadagno in produttività della filatura, qualità e riduzione degli scarti.

In particolare il processo di *Autonomazione* si basa sia su un'azione di prevenzione tramite tre diversi sistemi di misurazione dotati di *sensori di forza* e telecamere per *l'assessment* continuo e in *real time* delle caratteristiche della fibra e del filo, sia sull'intervento successivo di un sistema mecatronico flessibile

che include robot a braccio per la manipolazione del filato con capacità cognitive integrate per riattaccare i due capi del filo, sia infine di procedure di monitoraggio online (e.g. sensori di immagine e distanza) che forniscono informazioni ad un operatore remoto in modo da avere comunque un occhio umano sull'operazione (CPS).

Più in generale poi, al fine della manipolazione di materiali flessibili come nastri, filo, rocchetti e matasse per consentire misurazioni online, riparazioni e programmare spostamenti in base alla specifica fase di lavoro, si agisce su due traiettorie: mentre la prima, come già detto, riguarda il processo di produzione del filo e la tessitura per riparare il filo rotto durante l'avvolgimento della matassa, la seconda concerne invece la manipolazione del nastro, della bobina o della matassa stessa per gestire il caricamento degli input nelle macchine e, allo stesso tempo, per misurare i parametri fisici che aiuteranno a determinare preventivamente le caratteristiche dell'oggetto e ad avviare il processo di gestione della qualità.

1.4.4 Fattori Umani e di Controllo

VIII. Manutenzione produttiva e preventiva totale

Attraverso attività di manutenzione periodica ordinaria e straordinaria si cerca di evitare il guasto di macchine e attrezzature o comunque di mantenere, in caso di guasto, un tempo di rettifica più basso possibile.

Nel contesto della *smart factory* dove le macchine sono interconnesse tra loro e collegate in *real time* ai sistemi *ICT*, quando una di esse si rompe invia immediatamente l'allarme al personale addetto alla manutenzione che può rintracciare l'errore ed intervenire nel più breve tempo possibile. Tuttavia con l'evoluzione dei *Big Data* ed una maggiore implementazione di modelli predittivi di Intelligenza Artificiale nei processi gestionali, si va sempre più verso la direzione per la quale le macchine sono attrezzate ed addestrate per essere consapevoli sul loro "stato di salute", anticipare i potenziali guasti ed eseguire manovre di *self-maintenance*, rendendo quindi obsoleta ed inefficiente la periodica e sporadica attività di manutenzione. Nell'ottica dei *CPS* le *smart machines* possono condividere e recepire informazioni nel *cyberspace* per effettuare confronti di performance e produttività con le macchine loro assimilabili e dunque trarne *self-conclusion* riguardo il loro stato di salute ed eventualmente per la *self-execution* di azioni di manutenzione e prevenzione.

IX. Controllo statistico del processo

La qualità dell'output è di vitale importanza e nessun difetto dovrebbe trasferirsi da uno stadio all'altro del processo produttivo. Tuttavia con la riduzione del *product lifetime cycle*, del tempo di sviluppo dello stesso, dei prezzi sempre più competitivi e del parallelo aumento della complessità dell'output, il controllo sui processi diventa maggiormente rischioso e delicato, soprattutto se effettuato da un personale non adeguato o ben formato.

La riduzione di tale incertezza può realizzarsi grazie all'integrazione dei processi per mezzo, da un lato della combinazione di informazioni e dati provenienti da diverse macchine tramite sistemi *IoT* e dall'altro della gestione dei flussi di lavoro dei processi, calcolando tendenze e trend significativi dai dati disponibili con meccanismi di Business Intelligence.

L'utilizzo dei sensori permette di avere una visione olistica di tutti i dati interni ed esterni alla *production chain*. Emilio Billi racconta come nel linificio oggetto di studio, i sensori abbiano rilevato che la frequente apertura e chiusura della porta della stanza dove venivano lavorati i filamenti portava ad un'alterazione della temperatura ambientale e dei livelli di umidità con conseguenti effetti negativi sulla qualità del tessuto. Inoltre è stato dimostrato come grazie ad una “*Cooperative way*” (Billi, 2019) è possibile sia controllare cosa sta succedendo in *real time*, sia raccogliere dati da mettere in relazione con tutti gli altri collezionati lungo la filiera con lo scopo di raggiungere un grado superiore di consapevolezza di tutti gli aspetti della produzione e non soltanto al fine di reagire ad una specifica situazione.

In tal modo vengono ridisegnati i *meccanismi di coordinamento non strutturali* di Pianificazione dell'azione e Controllo delle performance della produzione tra i quali recentemente stanno peraltro assumendo particolare rilievo i sistemi per la Qualità Totale.

X. Coinvolgimento dei dipendenti

Il coinvolgimento dei dipendenti, la motivazione e il potere decisionale loro attribuito possono contribuire positivamente alla performance aziendale globale. Per questo la *Lean Manufacturing* ripone particolare importanza sull' *empowerment* dei lavoratori. Nell'ambiente lavorativo dell'industria conforme ai principi 4.0, i dipendenti possono costantemente “dire la propria” o meglio fornire riscontri sulle condizioni di lavoro e di produzione in *real time* grazie all'*IoT* ovvero attraverso l'invio di *feedback* per mezzo di un dispositivo integrato nella rete aziendale. In particolare uno dei motivi più ricorrenti dell'insoddisfazione dei lavoratori risiede nella monotonia delle attività di routine le quali dovrebbero essere evitate tramite una migliore interfaccia uomo-macchina che facciano sì che il lavoratore si possa concentrare su mansioni diversificate e stimolanti.

Un aspetto importante da sottolineare è che nel contesto dirompente di *Industry 4.0*, le macchine non si limitano a decidere da sole: ci sono migliaia di algoritmi progettati da molti ingegneri dietro i *CPS*. I lavoratori non diventano meno protagonisti nel processo decisionale ma piuttosto meno presenti in prossimità fisica delle macchine in quanto confidenti nel lasciare loro maggiore autonomia.

Gli individui decidono ancora ma tale attività si concentra sempre maggiormente “a monte” del processo produttivo quale risposta al risultato del *Backward processing* e attraverso la manipolazione di algoritmi intelligenti progettati dal cervello umano, cosa che fino a pochi anni fa non sarebbe stata possibile.

Infine il corretto utilizzo dell'Intelligenza Artificiale in campo industriale può contribuire attivamente al miglioramento delle condizioni lavorative⁹.

BOX 1.4.4: La gestione del gruppo Fattori umani e di Controllo nel linificio

La qualità dei tessuti è il risultato di un processo di *Build-in-quality* valutata in base alle caratteristiche intrinseche (densità areale, densità trama / ordito, spessore, motivo) e derivate (recupero rughe, resistenza alla trazione, resistenza al lavaggio, idoneità per prodotti di finitura) dell'output finale ma anche dai parametri rilevati durante il processo di tessitura e filatura (rottura del filo, perdita di densità, fibrillazione, danni ai fili).

Tutti questi parametri devono essere monitorati in ottica di una gestione della qualità totale ma sebbene gli studi circa l'influenza delle caratteristiche intrinseche e derivate del tessuto sulla sua qualità siano numerosi, d'altra parte risultano carenti le analisi per la misurazione dei difetti durante il processo di tessitura e filatura, benché essi possono alterare la qualità dei filati e influenzare le proprietà dei tessuti stessi. Per tale motivo nell'ambito del progetto di conformazione della catena di produzione del linificio ai principi dell'Industria 4.0, sono state previste valutazioni della qualità basate su approcci sperimentali, multi-scala e multi-sensoriali a livello di filato e di tessuto in ottica di ottimizzazione delle caratteristiche qualitative e minimizzazione degli sprechi.

⁹Cfr Paragrafo 3.4

In particolare, le misurazioni quantitative delle proprietà identificate come caratterizzanti i tessuti se una volta erano affidate all'esperienza dei tessitori, ora vengono rilevate (e gli eventuali problemi risolti) per mezzo di robot, telecamere e più in generale grazie ad un processo di *Autonomazione e self-correction*. Infine, durante la fase di tintura e di stampaggio, viene tracciato il graduale arricchimento del tessuto dei pigmenti naturali e i suoi dati spettrografici sono analizzati dall'Intelligenza Artificiale attraverso un adeguato periodo di addestramento su un campione di processi noti. Dopo la fase di *training*, l'IA sarà dunque in grado di supervisionare gradualmente l'intero processo di tintura in maniera del tutto autonoma.

1.4.5 Conclusioni ed elementi di *Disruption*

Come precedentemente accennato, è possibile individuare due diverse sfaccettature dell'effetto di *Industry 4.0* nel paradigma della *Lean manufacturing*: la prima è di *Innovation*, più “*soft*” e graduale, innestata sull'evoluzione dei principi classici del modello di produzione Toyota mentre l'altra, di *Disruption*, è più “*strong*” e mira ad una rottura rispetto ai dogmi passati ormai considerati obsoleti.

In riferimento a tale ultimo aspetto, l'elemento dirompente apportato da *Industry 4.0* e sperimentato nel progetto del linificio, non è semplicemente l'integrazione delle *features* del prodotto all'interno della catena dei dati relativi al ciclo

produttivo e più in generale ai dati di gestione rendendoli analizzabili con vari strumenti tipici dell'aspetto di *Innovation* in Industria 4.0, ma piuttosto la creazione di un modello auto apprendente di tipo predittivo basato su una rete neurale che considera le caratteristiche del prodotto finale come *output* della rete e tutte le variabili di produzione come *input* della stessa¹⁰.

Lo scopo è dunque quello di utilizzare tutti i dati ricavabili dalla catena produttiva per metterli in relazione con quelli relativi al prodotto finale utilizzando tutte le variabili interne ed esterne che possono avere una certa influenza su di esso. Si parla in questo caso di *Backward Processing* dove partendo (elemento dirompente) dall'analisi del prodotto finale, si esegue una retroazione sulla catena produttiva per capire quali variabili creano valore e quali possono essere manipolate per minimizzare il costo per prodotto a pari qualità.

Per realizzare questo salto tra analisi e predizione bisogna pensare al ciclo produttivo ed al prodotto come una cosa sola dove l'output è l'effetto di una serie di operazioni a loro volta influenzate da una serie di parametri che sono in relazione tra di loro e di cui si devono apprendere le correlazioni.

Anche nel primo asse del RAMI 4.0 non ci si ferma alla raccolta dei dati semplicemente includendo tra questi anche quelli relativi al prodotto ma piuttosto è prevista la creazione di un modello intelligente in grado di evidenziare le

¹⁰ Cfr Sotto paragrafo 3.3.1

correlazioni che tutti i dati hanno tra di loro in relazione al prodotto finale. L'elemento di *Disruption* risiede nell'utilizzo dell' IA come strumento che alla fine porta alla realizzazione di un modello matematico che non solo descrive la catena produttiva ma che tramite il quale si può agire su di essa modificandola *offline* per manipolarne le variabili.

Visto in questa ottica il modello Industria 4.0 non è più un'evoluzione del 3.0 ma un nuovo concetto che sfrutta intensivamente l'Intelligenza Artificiale sia per comprendere in profondità il ciclo produttivo e le sue relazioni con il prodotto con finalità di *business analysis*, sia per essere in grado di manipolare il ciclo produttivo stesso per ottimizzare il prodotto e ridurre i costi e gli sprechi.

Questo semplice concetto sposta di un passo avanti anche il modello di Industria 4.0 in quanto successivamente alla raccolta di tutti i possibili dati che coinvolgono il ciclo produttivo (incluso tra questi tutte le caratteristiche del prodotto finale), viene fatto un uso molto spinto di *data mining* per ricavarne un modello funzionale-predittivo del ciclo del prodotto.

Il sistema rete neurale in combinazione con l'insieme di tutte le altre funzioni statistiche correlate (quali ad esempio i *Recommender algorithms* usati per ottimizzare le scorte), diventa il nucleo del modello (auto-generato dai dati raccolti) che permette la totale comprensione sia del ciclo produttivo che del ciclo di vendita del prodotto e di conseguenza rappresenta la base dell'ottimizzazione di tutti i cicli (produttivo, logistico, vendite, etc.) interni all'azienda.

Dunque dal modello di *Lean manufacturing* si passa non solo all'implementazione dei principi standard dell'Industria 4.0 quale l'integrazione del prodotto nel processo produttivo, ma si fa ancora un passo avanti verso azioni di *self-correction* intelligenti automatizzate e di manipolazione *offline* della catena produttiva.

2. LA BUSINESS INTELLIGENCE

2.1 DEFINIZIONE DI BUSINESS INTELLIGENCE

Nell'uso corrente del termine la *Business Intelligence* viene spesso concepita in riferimento limitatamente agli strumenti informatici di interrogazione, visualizzazione e reporting. Tuttavia tale definizione è errata in quanto la BI si riferisce più esaustivamente alla “*capacità dell'impresa di poter [non soltanto] visualizzare ed esplorare le informazioni (spesso contenute in un data warehouse) [ma anche] di analizzare le informazioni per sviluppare conoscenze utili per prendere delle decisioni*” (Gartner, S.d.) ovvero a “*un sistema di modelli, metodi, processi, persone e strumenti che rendono possibile la raccolta regolare e organizzata del patrimonio dati generato da un'azienda. Inoltre, attraverso elaborazioni, analisi o aggregazioni, ne permettono la trasformazione in informazioni, la loro conservazione, reperibilità e presentazione in una forma semplice, flessibile ed efficace, tale da costituire un supporto alle decisioni strategiche, tattiche e operative*” (Rezzani, 2012).

2.2 LA BI NEL SISTEMA INFORMATIVO AZIENDALE

La piramide di Anthony in Figura 2.1 rappresenta la suddivisione delle funzioni del Sistema Informativo (SI) aziendale in base all'attività svolta dagli utenti dell'organizzazione e la BI si configura come parte integrante del SI e di supporto alle attività strategiche e tattiche ovvero, rispettivamente, quelle che consistono nella pianificazione strategica degli obiettivi e delle politiche aziendali e quelle

concernenti la programmazione e il controllo per l'allocazione efficiente delle risorse. Parallelamente gli attori che operano in tali livelli di attività sono quelli appartenenti al *sottosistema direzionale* ovvero:

- l'*Alta Direzione* che necessita di informazioni analitiche sintetiche ma rappresentative, significative e soprattutto aggiornate in *real time* sull'andamento dell'azienda nella sua globalità o nei singoli business
- Le *Direzioni funzionali* e il *Middle management* che richiedono ugualmente dati significativi di sintesi ma i quali bisogni informativi sono più di tipo "a consuntivo" e stabili nel tempo rispetto a quelle dei vertici.

Sebbene una prima e originaria interpretazione di Business Intelligence nelle funzioni aziendali la collochi ai vertici della piramide, in realtà da un'attenta analisi della definizione ci si accorge di come questa sia utile e in tempi recenti sempre più utilizzata, anche da chi lavora nel *sottosistema operativo* ovvero dagli *operatori esecutivi* (che svolgono attività operative di gestione corrente) i quali tuttavia raramente richiedono dati di sintesi ma piuttosto di dettaglio e quanto più possibile in *real time*. La BI si affianca quindi agli applicativi per la gestione corrente dell'attività aziendale come gli *ERP (Enterprise Resource Planning)*, il *SCM (Supply Chain Management)* e il *CRM (Customer Relationship Management)*. Ad esempio negli ultimi anni e specialmente con l'avvento della quarta rivoluzione industriale, la possibilità di distinguere tra un comportamento normale o anomalo

nella linea di produzione implica preziosi risparmi sia in termini di costi che di tempo cambiando il modo di lavorare anche a livello operativo.

Figura 2.1: La piramide di Anthony con gli applicativi direzionali e operativi



Fonte: Elaborazione propria

2.3 L'EVOLUZIONE DEI SISTEMI DI BI

In realtà già a partire da gli anni '60 si comincia a porre attenzione ai dati riguardanti l'andamento dei processi aziendali ma sfruttando le tecnologie dell'epoca, quali supporti magnetici come nastri e dischi, il massimo che si riesce a fare sono analisi basate su dati storici limitatamente elaborabili e dunque piuttosto statiche, grossolane e riepilogative su grandezze aggregate. Negli anni '80 con lo sviluppo dei database relazionali e il linguaggio SQL è possibile dare maggiore dinamicità ed opportunità di elaborazione ad un livello superiore di

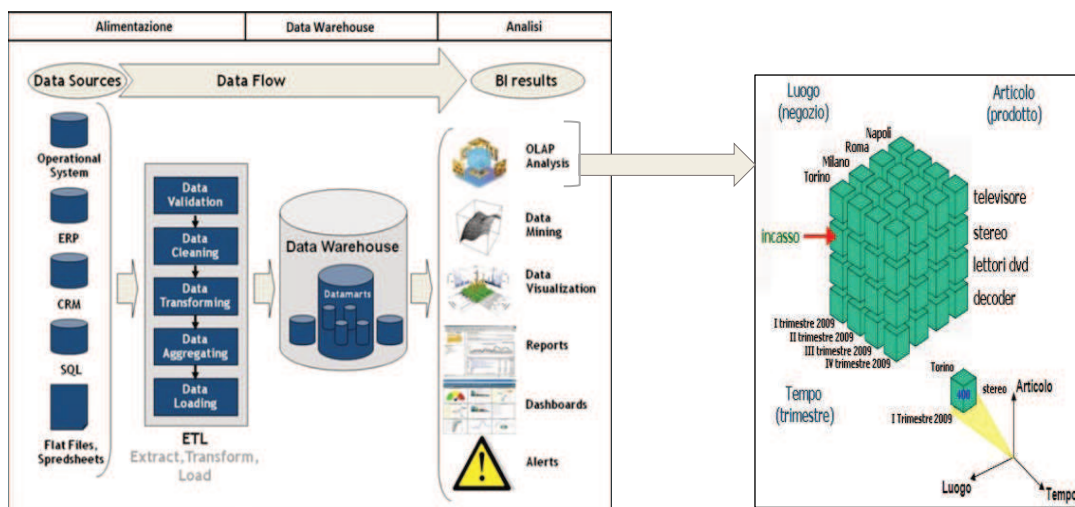
profondità e dettaglio. Tuttavia i dati vengono estratti ed elaborati sulla base delle operazioni giornaliere registrate dalle diverse funzioni aziendali nei diversi applicativi dei sottosistemi operativi quali gli ERP che il più delle volte non sono ancora pronti ad operare una chiara, uniforme e coerente raccolta e integrazione dei dati: questi ultimi risultano dunque spesso ridonanti, non omogenei e fonte di confusione organizzativa senza guadagno in termini di efficienza. In più i database erano allora di tipo OLTP (*On line Transaction Processing*) ovvero predisposti più per attività transazionali di *edit*, inserimento o eliminazioni dei dati piuttosto che alla cura dell'interfaccia *I/O* per l'interazione con il *decision maker* o alla semplificazione della consultazione e dell'analisi di una grande quantità di dati. Per tale motivo a partire dagli anni '90 si comincia a parlare di *Data warehouse* ovvero di un database capace di immagazzinare dati provenienti da diverse funzioni e processi di business aziendali che a seguito di un processo di *ETL* (*Extract, Transform, Load*) risultano certificati, integrati e "puliti".

2.3.1 Il motore OLAP

Benché una cultura aziendale di tipo *data-driven* sia tutt'ora in fase di sviluppo, è possibile individuare nell'ultimo passaggio evolutivo la nascita della Business Intelligence la quale tuttavia ha potuto potenziarsi con l'utilizzo del motore OLAP (*On Line Analytical Processing*): esso permette, una volta completato il processo di *ETL*, lo svolgimento di analisi multidimensionali fondendo dati e metadati e garantendo all'utente un accesso semplificato alle informazioni aziendali senza il

bisogno di una conoscenza tecnica del funzionamento del database sottostante. Il cosiddetto cubo (o meglio ipercubo) di OLAP raffigura lo spazio dal quale l'utente, per mezzo di viste ed elaborazioni, può estrarre e analizzare i dati di un generico database secondo le proprie esigenze informative (Figura 2.2).

Figura 2.2: L'architettura di una BI tradizionale e il cubo di OLAP



Fonte: Elaborazione propria da www.intechopen.com & mybi.it

Con il motore OLAP la consultazione e l'analisi dei dati risulta semplificata e maggiormente interattiva grazie alle operazioni che si possono effettuare come quelle di *Slice and dice* (taglio e filtro delle informazioni), *Drill down* (disaggregazione graduale del dato fino alla massima granularità), *Roll-up* (operazione inversa al Drill-down), *Drill-through* (raggiungimento immediato del livello di massimo dettaglio dell'informazione) e *Pivoting* (rovesciamento della modalità di visualizzazione dei dati ad esempio righe/colonne) ma tuttavia si tratta

di una visione tradizionale di BI dove le decisioni per il futuro non possono che essere prese sulla base di dati storici a consuntivo o al massimo in *real time*.

2.3.2 Il modello di maturità analitica di Gartner

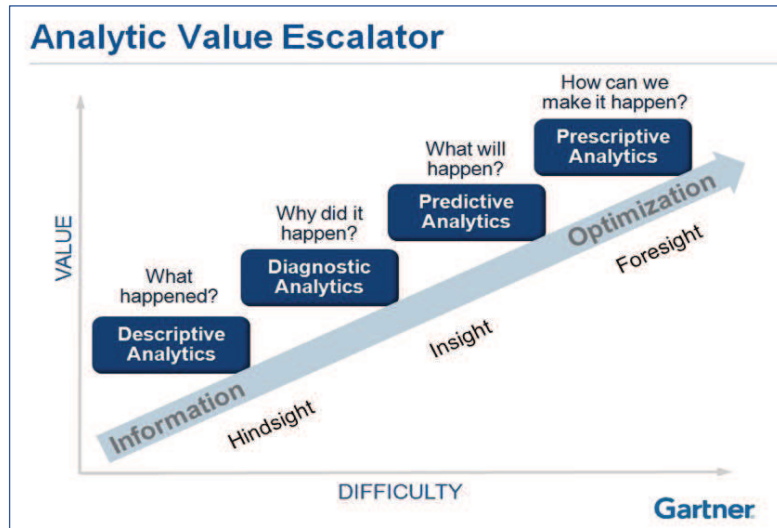
Il modello di maturità analitica di Gartner (Figura 2.3. e Tabella 2.1) illustra le quattro fasi di evoluzione dell'analisi del dato per estrarne informazioni:

- *Descrittiva*: analizza i dati storici cercando di capire gli effetti nel presente ed in sostanza rappresenta l'attività svolta da un'architettura di Business Intelligence tradizionale. Si interpreta la realtà dei fatti così come appare dando risposta a quattro delle "5W" (*Who, What, When, Where*).
- *Diagnostica*: sempre attraverso l'analisi di dati a consuntivo aiuta a rispondere alla quinta "W" ovvero il perché (*Why*) un tale evento si è verificato e quindi, attraverso l'analisi aziendale, cerca di capirne le cause, i risultati, le conseguenze ed i possibili collegamenti. Attività di *drill down* e *drill through* possono essere utili in tale stadio.
- *Predittiva*: si immagina il futuro e si stimano previsioni circa la probabilità che un evento si verifichi e in che modo basandosi sui trend delle variabili che lo influenzano e la forza della correlazione tra esse. A questo punto dell'analisi si utilizzano attività di *data mining*, in più la modellizzazione statistica e predittiva vanno di pari passo in quanto la prima abilita la seconda.
- *Prescrittiva*: basandosi sulle predizioni risultanti dalla fase precedente, come un medico, prescrive la ricetta più equilibrata per indirizzare un determinato

fenomeno nella via dell'ottimizzazione o si domanda gli effetti di una determinata decisione futura. In questo stadio l'Intelligenza Artificiale gioca un ruolo chiave in quanto sebbene la modellizzazione statistica sia utile per valutare la correlazione tra variabili al fine di dimostrare o confutare un'ipotesi, grazie all'attività di *Machine Learning* è possibile fare previsioni rispetto ad un output con riferimento a numerose variabili di influenza. Gli enunciati teorici e i teoremi perdono importanza per lasciare spazio ai *Big Data* che alimentando un algoritmo consentono alla macchina di apprendere in modo automatico e dunque di poter effettuare previsioni e prescrizioni quanto più verosimili considerando in maniera totale ed esaustiva tutte le diverse modalità di manifestazione delle variabili interne ed esterne determinanti il trend di ciò che si è già verificato per ripetute volte in passato.

In particolare nella Figura 2.3 si vede come nel passaggio da uno step al successivo, se da una parte si guadagna in valore dell'informazione rilevabile dal dato che nel caso della *Prescriptive Analytics* raggiunge il livello di ottimo, dall'altra si ha un costo in termini di aumento della complessità nell'estrazione di informazioni utili e corrette: l'analisi descrittiva e "col senno di poi" (*Hindsight*) risulta praticamente priva di incertezza rispetto a quella prescrittiva e "lungimirante" (*Foresight*). La scelta di *trade-off* dipenderà allora dalle diverse esigenze informative aziendali ma soprattutto dai risultati che si otterranno nel tempo con l'avanzare del progresso tecnologico che permetterà di espandere la frontiera delle possibilità.

Figura 2.3: Modello di maturità analitica di Gartner



Fonte: Gartner, 2012

Tabella 2.1: Analisi del dato nei sistemi di Business Intelligence

PRESCRIPTIVE	OPTIMIZATION	<ul style="list-style-type: none"> What is the best action? What if we try this? 	BI attiva ↓ Advanced Business Analytics
PREDICTIVE	PREDICTIVE & STATISTICAL MODELING	<ul style="list-style-type: none"> What will happen next? What is the pattern? 	
DIAGNOSTIC	BUSINESS ANALYSIS	<ul style="list-style-type: none"> Why did it happen? 	BI passiva ↓ BI tradizionale
DESCRIPTIVE	QUERYING E REPORTING	<ul style="list-style-type: none"> When, Where, What did it happen? Who made it happen? 	

Fonte: Elaborazione propria

Come mostrato nella Tabella 2.1 e al fine di introdurre la differenza tra la Business Intelligence tradizionale ed i sistemi di *advanced business analytics*, si può partire dalla distinzione tra BI Passiva e Attiva. Infatti se la prima racchiude i principi della BI tradizionale cercando di ordinare ed elaborare i dati per dare un'interpretazione quanto più appropriata dello *status quo*, la seconda viene definita come “*lo strumento strategico che permette di trasformare i dati in conoscenza; che offre al management aziendale le chiavi di lettura dell'esistente e un panorama di proiezioni*” (Bucap, 2019). In sostanza gli strumenti di *business analytics* consentono l'attivazione dei sistemi di BI la quale, di fatto, si verifica nel momento in cui si utilizzano tecniche di *data mining* per *predictive analysis*. Allo stesso tempo Forrester (2010) definisce le *advanced business analytics* come “*l'insieme delle soluzioni che aiutano a identificare schemi di comportamento significativi e correlazioni tra le variabili entro un complesso insieme di dati, strutturati e non strutturati, storici, attuali e potenziali, allo scopo di prevedere eventi futuri e valutare le opportunità offerte da diverse linee d'azione*”. Tipicamente tali soluzioni sono fornite per mezzo dell'elaborazione autonoma o semi-autonoma dei dati ottenuta utilizzando tecniche e strumenti sofisticati che generalmente vanno oltre quelli della tradizionale BI quali *data mining/text*, *Machine learning*, *Modeling*, analisi semantica, *sentiment analysis*, analisi di reti e *cluster*, statistiche multivariate, simulazioni e reti neurali.

2.3.3 Dalla BI tradizionale alle Advanced Business Analytics

Dalle varie definizioni, si riesce a capire come il passaggio dalla tradizionale *Business Analysis* alle più evolute *Advanced Business Analytics* comporti diverse conseguenze. Se ne evidenziano tre in particolare:

- Mentre l'analisi aziendale è di natura *reattiva*, quella predittiva è di tipo *proattivo* nel senso che agisce da supporto alle decisioni aziendali e all'azione preventiva anche senza l'intervento umano.
- Se la BI tradizionale fa uso di fonti di dati strutturati ovvero *DW (Data Warehouse)* e *DM (Data Mart)*, le *advanced analytics* riescono ad elaborare anche dati non strutturati o proprietari (ad esempio i *Big Data* provenienti da fonti esterne all'azienda come gli *Insight* dei *social network* o derivanti da enti di ricerca) con notevole guadagno in termini di potenzialità ed efficienza.
- Aumento del livello di interazione dell'azienda con il *task environment* e soprattutto in una visione *customer-centric*, con l'obiettivo di saper essere sempre in grado di rispondere alle esigenze attuali e future del cliente in maniera flessibile adattando le decisioni in base agli scenari tipici studiati e previsti.

In sostanza tramite le *advanced business analytics* basate sui principi della *predictive analysis* è possibile “sostituire una scelta soggettiva basata sull'intuito con una basata su alternative analizzate per quanto possibile in modo oggettivo” (Lavecchia, 2019) valorizzando il ruolo giocato dal Sistema informativo aziendale soprattutto nelle funzioni a servizio del sottosistema direzionale.

In tale contesto anche la *Big Data Analytics*, intesa come l'integrazione dell'attività di *Data analytics* con quella di *Web analytics* per i *Big Data*, assume un'importanza rilevante per la stima di previsioni future. Il processo di raccolta, organizzazione e analisi di grandi quantità di dati è una scienza emergente e multidisciplinare che coinvolgendo i settori *ICT (Information and Communications Technology)*, *OR (Operations Research)*, *ML (Machine Learning)* e *Decision-making*, cerca di acquisire conoscenze e *intelligence* dai *Big data*. Questi ultimi sono definiti da Gartner (2001) “*High-volume, high-velocity and/or high-variety information assets that require new forms of processing to enable enhanced decision making, insight discovery and process optimization*” e dunque fanno riferimento ad un “nuovo approccio delle organizzazioni che, tramite la combinazione di diverse banche dati e l'utilizzo di adeguati strumenti statistici e altre tecniche di *data mining*, riescono a estrarre valore dai dati” (Agcom, 2018).

In conclusione si ritiene utile e propedeutico all'elaborato chiarire il ruolo svolto dall'Intelligenza Artificiale: essa è allo stesso tempo *leitmotiv* dell'analisi predittiva nella sua globalità ed una delle forme più avanzate di *advanced business analytics* comprendendo attività di *Machine learning*, *Deep learning* e *NLP (Natural Language Processing)*.

A questo punto “*By Changing the paradigm of how to implement ML, Data Analytics, AI in real manufacturing we can do incredible things*” (Billi, 2019) e spingere al massimo delle potenzialità il modello Industria 4.0.

3. A3CUBE

Nata nel 2012 a San Jose nel cuore della Silicon Valley, A3Cube Inc è una società americana di origine italiana specializzata nello studio, sviluppo e produzione di *super computer* dotati di una particolare architettura da essi denominata HSDS: *Hardware accelerated Software Defined System*. Il core-business si sviluppa quindi attorno alla fornitura di macchine specificatamente studiate e addestrate alla funzione di *learning*, analisi e *computing* ad alte prestazioni di grandi quantità di dati.

3.1 LA STORIA

La storia di A3Cube in realtà affonda le proprie radici negli anni '90 quando l'attuale *co-founder* e CTO Emilio Billi era ancora uno studente di laurea magistrale in ingegneria nucleare ma con il sogno di costruire un giorno un *super computer* che potesse aiutare i ricercatori a giungere a risultati in maniera più veloce rispetto agli strumenti allora presenti nel mercato come *Cray o Blue Gene* dell'IBM.

Billi cominciò a riflettere e a ripensare ai processi di memorizzazione, di calcolo e all'intera architettura informatica presente nei computer di allora in modo da eliminarne le inefficienze e massimizzare il loro potenziale. Egli si ispirò alla struttura del cervello umano, intesa come architettura distribuita in cui ogni unità può svolgere sia compiti di calcolo che di memorizzazione, per poterla trasferire in una macchina "elasticamente scalabile" e capace di minimizzare la complessità computazionale e di *storage* attraverso l'impiego di più unità di calcolo connesse

in rete. L'*output* fu una “macchina elastica” con capacità di calcolo superiori, una riconfigurabilità unica ed in più adatta a “deformarsi” alle esigenze di qualsiasi tipo e dimensione di cliente.

Nel 2005 e per la prima volta nella storia dell'informatica, creò un *super computer* (modello SC-12) dove unità di calcolo e memoria erano interconnesse: tale intuizione oggi vanta di una dozzina di brevetti e soprattutto assume un ruolo cruciale in un mercato dove i *Big data* hanno ormai una posizione di primaria importanza.

Fino a questo punto tutto era italiano, ma mentre l'attività di R&S dava i suoi frutti, il processo di industrializzazione e commercializzazione incontrava i limiti di un mercato non ancora pronto ad accogliere e dare il giusto peso ad un'innovazione o meglio rivoluzione di prodotto di tale portata.

Intanto al fine di raccogliere fondi per finanziare le loro ricerche, Emilio e sua moglie Antonella Rubicco (co-fondatrice e attuale CEO) continuarono a fare assistenza informatica dapprima principalmente sulla parte *hardware* ed architetturale del pc, per poi spostarsi verso la consulenza sulle reti.

È del 2010 la scelta di trasferirsi in California dove le prospettive di mercato apparivano migliori sebbene anche qui la strada non si rivelò semplice.

Le “macchine elastiche” sembravano essere qualcosa di già superato e quindi non sposarsi con il trend di mercato allora in auge in Silicon Valley: la Valle del Silicio si stava trasformando in Valle delle App e l'attenzione stava migrando dalla parte

hardware a quella *software*. Inoltre e a detta di molti, un ente finanziario o un istituto nazionale non avrebbero mai affidato ad uno *startupper* (per lo più straniero) commesse così “delicate”.

Finalmente con l'avvento dell'era dell'Intelligenza Artificiale e del mondo *data driven* per la coppia si apre un'opportunità irripetibile: i *super computer*, meglio ancora se elasticamente scalabili, sono gli strumenti che permettono all'IA di diventare realtà ovvero che consentono l'elaborazione immediata di una grande quantità di dati da trasformare in informazioni fruibili dall'utente finale in *real time*. In particolare dopo il lancio dell'*Apple iPhone 3G* e del conseguente sviluppo dell'*App Store*, vengono prodotti una quantità tale di dati che nessuno avrebbe potuto immaginare prima.

Emilio Billi e Antonella Rubicco colgono l'occasione e nel 2012 co-fondano a San Jose, nel cuore della Silicon Valley e accompagnati dal sostegno dell'incubatore US Market Access (USMAC), la società A3Cube Inc.

Paradossalmente il primo cliente che si affidò alle “macchine elastiche” fu uno dei più importanti *hedge fund* per l'attività di *high frequency trading* e, a seguire, il *National Institute of Aerospace* americano per l'elaborazione delle previsioni meteo.

Benché spinti da un forte entusiasmo, nei primi periodi l'ufficio fungeva anche da casa in modo da ottimizzare i tempi, minimizzare le spese e massimizzare il risparmio da investire nell'attività.

Per quanto riguarda l'attività di R&S questa è sempre rimasta in Italia lavorando da remoto in quanto Emilio e Antonella avevano ed hanno tutt'ora la convinzione che gli ingegneri migliori, più preparati e flessibili appartengano al capitale umano *Made in Italy*.

Negli ultimi anni poi il business si sta maggiormente focalizzando sul campo dell'Intelligenza Artificiale e delle reti neurali cercando di risolvere in modo sempre più ottimale il *bottleneck* tra CPU¹¹ e sistema I/O¹².

Attualmente infatti la chiave di volta non risiede più nella velocità del pc a soddisfare la capacità della CPU ma piuttosto nell'incrementare la rapidità di accesso al dato e la relativa consultazione per estrarne informazioni e risultati in tempo zero.

Nel 2017 Emilio Billi è stato nominato "Imprenditore emergente della *Silicon Valley*" dalla rivista americana "*The Technology Headlines*" e nel 2018 A3Cube è stata eletta tra le "*TOP10 innovative companies in the AI Solutions Providers field*" dal magazine "*Entreprise Tech Success*" e "*One of the 10 best companies of the year*" dalla rivista tecnologica "*Industry Era*".

¹¹ (Central Processing Unit) Microprocessore di un computer, ovvero l'unità di elaborazione centrale, il cuore vero e proprio di un sistema; è l'unità che controlla e sovrintende a tutte le funzioni della macchina.

¹² Con input/output (abbreviato I/O), in informatica si intendono tutte le interfacce informatiche messe a disposizione da un sistema operativo ai programmi, per effettuare uno scambio di dati o segnali.

Per rispondere alla crescente domanda, A3Cube mira ora ad una forte espansione e diversificazione sia a livello territoriale (con ambizione multinazionale) che di range produttivo.

A tal proposito è prevista la quotazione al NASDAQ, il principale mercato dei titoli tecnologici, entro il 2022.

Aldilà degli obiettivi prettamente finanziari ed economici, la *vision* aziendale mette in primo piano la creazione di un nuovo modello di business eco-sostenibile e che contribuisca in maniera attiva al benessere del suo team e di tutta la comunità IT: il prossimo *step* sarà la nomina di *Best place to work*.

3.2 DAL SUPERCOMPUTER AL PERSONAL SUPERCOMPUTER: I PRODOTTI E IL BUSINESS MODEL

La logica secondo cui A3Cube crea, distribuisce e raccoglie valore è racchiusa nella *mission* aziendale: “*To be the premier provider of supercomputing solutions specifically tailored for machine learning, data analytics, and high performance computing most challenging problems providing hardware software and strong expertise to our customers. We strongly believe that the datacenter of the future is a supercomputer like datacenter and we want to lead this transformation*”.

3.2.1 I prodotti

I prodotti A3Cube sono i risultati della “*Blue Ocean strategy*” (W. Chan Kim & R. Maubourgne, 2015) condotta. In particolare essi si posizionano in un segmento di mercato non servito dai concorrenti (*Red Ocean*) ma piuttosto “complementare” ad

essi. Ad esempio, come spiega Antonella Rubicco (CEO): “*Benché il Cray rappresenti l’ispirazione da cui siamo partiti, noi copriamo una sezione di mercato da questo non fornita. Le nostre soluzioni infatti vanno da uno a 1000 nodi di potenza mentre il Cray non prevede piccoli sistemi completi di tutte le caratteristiche che i nostri sistemi hanno. Per questo motivo, uno degli ingegneri di Cray, durante un evento, ci ha chiamati baby-Cray*”.

L’idea alla base dell’intera gamma risiede dunque nella riproduzione di *super computer* in scala ridotta e più economica grazie all’impiego di componenti standard piuttosto che di hardware proprietario rendendoli quindi accessibili, a parità di performance, a un pubblico più vasto quali medio/piccole realtà imprenditoriali che necessitano di un’efficiente elaborazione dei dati per trarne informazioni corrette, utili e tempestive al processo decisionale e gestionale.

Proprio per questo motivo, fin dal principio l’attività di R&D di A3Cube si è focalizzata sulla ricerca delle soluzioni più efficienti per poter archiviare, gestire, scambiare e analizzare grandi aggregazioni di dati, ovvero sul far fronte a quello che Billi definisce il “*Problema dei Big Data*” che si pone ogni qual volta la quantità di dati è superiore alla capacità di elaborazione dello strumento in un tempo utile.

Tre sono le maggiori problematiche caratterizzanti l’attuale domanda del mercato *data driven*, individuato come segmento target dell’azienda:

- Gli attuali super computer sono ottimizzati per lo svolgimento materiale di operazioni e calcoli matematici e non per un'elaborazione *data-oriented*.
- Oggi i CED (Centro Elaborazione Dati) aziendali, ovvero l'insieme delle macchine (server, storage, gruppi di continuità ecc...) che assicurano il funzionamento dell'intero sistema informativo aziendale e che quindi permettono la digitalizzazione dei processi, l'elaborazione elettronica dei dati e l'implementazione di una Business Intelligence, non sono generalmente progettati per elaborare carichi di lavoro troppo pesanti di *supercomputing*.

Da non trascurare è poi il fatto che con l'avvento dell'Industria 4.0 i *Datacenter* sono ormai ibridi nel senso che accanto alla parte *in-house* si affiancano *cloud* privati e *cloud* pubblici erogati da diversi *provider*.

- Il mediocre interfacciamento e l'inefficiente integrazione e gestione tra componenti SW e HW che dovrebbe permettere la virtualizzazione dell'infrastruttura *hardware* attraverso un'efficiente e performante architettura *software*.

A3Cube intende rispondere a tali dilemmi posizionandosi dal lato dell'offerta con una gamma di prodotti divisi in tre linee di macchine basate sul sistema operativo Fortissimo Foundation ed un'architettura di progettazione interna:

- DB-TURBO IO a cui appartengono tre diversi modelli (profondità della linea):

- DB-TURBO IO: il vero e proprio basilare “*personal super computer*” progettato per offrire una soluzione potente, flessibile e ad elevata scalabilità per le piccole realtà organizzative.
- DB-TURBO IO SCALE OUT e • DB-TURBO IO SCALE UP (ZETTA-DATA): essi appartengono alla famiglia degli “*Exa-Super computer*” ovvero che possiedono capacità di calcolo di tipo *Exascale* e dunque molto più potenti. In particolare il modello *Zetta Data* rende possibile l’accesso e la gestione di un database aziendale ad alta velocità senza modificare alcun componente software.
- GRIFO: ovvero un sistema di “*Composable Infrastructure*” che permette di elevare esponenzialmente il potere di una GPU standard superando le limitazioni della scalabilità *hardware* attuale. In particolare la componibilità del sistema può essere eseguita dinamicamente conciliando le esigenze dell'applicazione con la giusta dimensione dell'*hardware*, invece di riscrivere l'applicazione per superare la limitazione dell'*hardware*. GRIFO dimostra incredibili performance come ad esempio la capacità di classificare 4 milioni di immagini in meno di 40 minuti piuttosto che i 53 giorni richiesti da un *software* standard non modificato.
- KIRA: rientrante nella categoria degli “*Exa-Super computer*”, ha una densità fino a quattro volte maggiore rispetto alla linea TURBO-IO. In particolare se

quest'ultima può contenere fino a 48 processori per armadio, Kira ne può ospitare fino a 128 guadagnando quindi in spazio e potenza.

A complemento o in alternativa alla fornitura di componenti *hardware*, l'azienda offre servizi di consulenza IT dove attraverso attività di *Data Mining*, *Machine Learning* e *Artificial Intelligence* si cercano di ricavare dai dati informazioni utilizzabili da utenti e *decision-makers*;

- *Data Mining*: è il processo di analisi ed elaborazione dei dati sotto diversi punti di vista al fine di scoprirne le relazioni esistenti e trarne utili informazioni.
- *Artificial Intelligence*: racchiude tutti i tentativi di simulazione dei processi intellettuali umani da parte delle macchine e dei computer. L'AI include attività di acquisizione e metodologie di elaborazione delle informazioni (*learning*), l'utilizzo di tali metodologie per arrivare a conclusioni più o meno approssimative (*reasoning*) e l'auto-correzione (*self-correction*).
- *Machine Learning*: è uno strumento di Intelligenza Artificiale che permette ai computer di imparare (*to learn*) ma senza essere stati esplicitamente programmati per farlo. Tale attività mira a progettare sistemi che possano approcciarsi in maniere differenti e quindi adattarsi quando esposti a nuovi dati ed *inputs*.

Infine grazie alla profonda conoscenza maturata riguardo i provider di servizi *in cloud* e delle tecnologie correlate, l'azienda sta pianificando di offrire le sue piattaforme di “*Exa-computing*” come servizio superando in tal modo le limitazioni

architetture che presentano ad esempio *Amazon Aws, Microsoft Azure* ecc... Questo approccio innovativo e *customer-driven* del servizio *cloud* renderebbe più facile e conveniente per aziende, ricercatori, *data-scientist* ed addetti IT l'accesso a specifiche capacità di calcolo molto potenti lasciando maggiore spazio ai processi di *discovery* e *decision-making*.

3.2.2 Il Business Model

Si riconoscono in *Identità dell'impresa, Core competence, Articolazione dell'offerta* e *Governance e Organizzazione* le quattro componenti essenziali per la corretta ed esaustiva descrizione del business model aziendale.

Essendo i primi due elementi già stati ampiamente trattati, si pone ora attenzione alle modalità attraverso cui l'azienda raggiunge il suo segmento target esterno e come invece essa si articola al proprio interno.

A3Cube si colloca nel mercato B2B (*Business to Business*) ed i suoi principali clienti sono aziende ed enti dei settori IT, scientifico e medico, finanziario, manifatturiero ed energetico. L'impresa è presente ed opera principalmente in 3 aree di influenza:

- EUROPA: All'interno del mercato europeo un ruolo di primaria importanza ricopre l'Italia dove l'azienda vorrebbe espandersi e ha deciso di investire. Benché l'attività di R&S sia sempre rimasta sul territorio italiano, a conferma dell'aspettativa che la società ripone nelle potenzialità del *know-how* e del mercato nazionale, il primo giugno 2019 è stato inaugurato il primo *European*

innovation park in provincia di Novara. Immerso nella Riserva naturale del Ticino, esso ha sede nei locali di un ex-centrale idroelettrica del 1903; per tale motivo l'azienda riesce a trarre il 100% del proprio fabbisogno energetico da fonti rinnovabili quale è l'energia idroelettrica e si pone quindi come modello di business all'avanguardia tanto per l'attività esercitata, ancora in gran parte sconosciuta al mercato italiano, quanto per essere il primo produttore di *super computer* ad alimentare i suoi sistemi in maniera ecosostenibile e del tutto in linea ai principi del codice etico a cui l'azienda si ispira, nell'ottica di contribuire alla riduzione delle emissioni di gas serra e contrastare il cambiamento climatico. Tale strategia di internazionalizzazione *high equity* si configura come Investimento Diretto Estero (IDE) di tipo *Greenfield* ed è stato preferito al semplice acquisto di pacchetti di controllo di una società già presente sul mercato ospitante ad ulteriore prova della fiducia che i soci nutrono nei confronti del mercato italiano (e loro paese di origine) al punto da essere pronti a far fronte agli ingenti investimenti e rischi che tale scelta strategica comporta. I soci credono che i benefici, le opportunità e l'effetto *spillover* derivanti dal mantenimento di un grado di controllo così elevato e diretto sul territorio estero, possano superare gli oneri emergenti sia a livello economico/finanziario che di rischio. D'altro canto l'Italia non può che trarre beneficio nell'ospitare un'attività innovativa e all'avanguardia come quella di A3Cube, tanto meglio poi se sotto forma di *Greenfield investment* il quale comporta creazione di

capacità produttiva addizionale nel Paese e non soltanto per l'impresa investitrice domestica.

Accanto agli obiettivi di *business development* e *asset and market seeking*, da non dimenticare è l'importanza strategica ricoperta dal polo Europeo nel mantenimento di durature relazioni con il mercato cinese, attualmente protagonista dell'aggressiva guerra commerciale contro gli USA.

- **NORD AMERICA:** L'attività di A3Cube nel territorio nord americano si divide tra San Jose, Illinois e Nevada.

La *holding* finanziaria e prima sede storica si trova a San Jose dove ormai si svolgono essenzialmente le funzioni di *sales* territoriali, finanziarie e di marketing. Infatti se nel 2012 il territorio californiano della Silicon Valley sembrava rispondere perfettamente alle esigenze di una *startup* innovativa ancora in fase di incubazione e con il bisogno di testare, lanciarsi e farsi conoscere in un mercato per molti aspetti ignoto, con il graduale aumento della struttura e solidità aziendale, le caratteristiche del business si sono evolute. A tal proposito è stata recentemente aperta una sussidiaria in Nevada e stretti accordi di *Contract manufacturing* in Illinois al fine di poter seguire i clienti sparsi per il territorio americano più tempestivamente e da vicino in quanto San Jose si posiziona all'estremo Nord Ovest del continente.

Infatti gran parte della domanda dei prodotti A3Cube è rappresentata da clienti industriali e quindi localizzati anche fuori dalla Silicon Valley (soprattutto terra di marketing, incubatori e *startup*).

La società è presente anche a Los Angeles tramite il rivenditore *Edgeware Computing*.

- ASIA: A3Cube adotta una strategia di internazionalizzazione commerciale indiretta nei mercati asiatici considerati *leader* nella ricerca e negli apparecchi di sistemi di archiviazione ad alte prestazioni tra i quali *Super High Transaction and Throughput* (analisi capaci di effettuare dei test su un numero molto grande di dati in un tempo ristretto grazie a macchinari e strumenti automatizzati) e *storage cloud-ready* (conservazione dei dati su computer in rete e memorizzati su molteplici server virtuali generalmente ospitati presso strutture di terze parti o su server dedicati). Tuttavia data l'elevata eterogeneità culturale e organizzativa ancora non del tutto nota, si è deciso di penetrare nel mercato estero in maniera "non invasiva" cercando di circoscrivere l'impegno di risorse e mantenere un grado di flessibilità piuttosto elevato dell'investimento. Senza appesantire l'internazionalizzazione con eccessive strutture di controllo, l'obiettivo è quello di maturare una conoscenza adeguata delle dinamiche competitive del luogo (*strategia esplorativa*) per poi valutare eventualmente in futuro una strategia di ingresso più impegnativa. In particolare, mentre nei mercati di Giappone e Korea si opera tramite i rivenditori rispettivamente *Core*

Micro System Inc. e *CNG ONE*, in Malesia si adotta una strategia basata su contratti di distribuzione e agenti: l'azienda partner *Amim Technic Sdn Bhd* si assume infatti in veste di *buyer* l'incarico di commercializzare, installare e svolgere attività di consulenza territoriale e in esclusiva sui prodotti A3Cube e un suo tecnico agisce in qualità di agente per conto di A3Cube ed è quindi retribuito a provvigione.

In questa maniera si riescono ad ovviare anche le barriere all'entrata altrimenti presenti.

Da un punto di vista interno, a livello di *Organizzazione e Governance*, l'azienda assume la forma giuridica di *Corporation* (Corp. o Inc.) che secondo l'ordinamento statunitense è una società di capitali dotata di personalità giuridica distinta da quella dei soci. Essa viene costituita tramite un *Certificate of Incorporation* (comparabile all'atto costitutivo societario italiano) e non necessita del versamento di un capitale sociale minimo ma bensì soltanto di un capitale autorizzato che corrisponde alla quantità massima di azioni che la società può emettere. Altro documento richiesto da tale forma giuridica è il *Bylaws* ovvero uno statuto che dettagli la struttura di *Corporate governance*, i diritti e i doveri degli *Stockholders*, dei *Directors*, degli *Officers* ed eventuali diritti aggiuntivi.

Il principale organo decisionale è il *Board of Directors* (comparabile al Consiglio di Amministrazione italiano) il quale ha inoltre il compito di nominare gli *Officers* (funzionari della società). È ascrivibile a socio colui che possiede la proprietà del

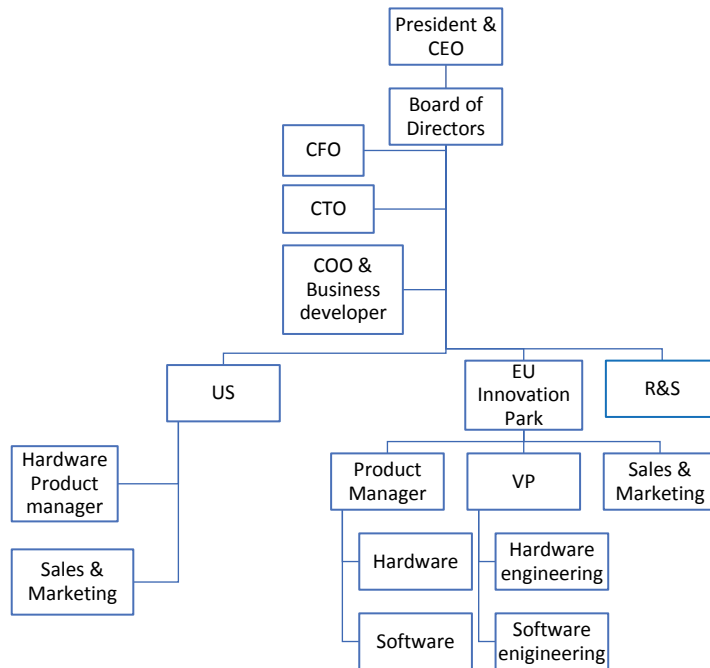
titolo azionario. In particolare A3Cube è una *Corporation* di tipo *C* ovvero senza limiti di compagine sociale (persone fisiche o giuridiche, residenti o non negli USA) e autorizzata all'emissione di strumenti finanziari diversi (azioni ordinarie, privilegiate, obbligazioni ecc...).

Con un fatturato di circa 10 milioni (2018) l'azienda conta un organico di 25 dipendenti, di cui 16 europei.

La struttura organizzativa si basa su un modello divisionale per aree geografiche (Figura 3.1).

Le funzioni direttive tecniche, finanziarie e di *business development* sono concentrate a livello di *holding* (organi di *staff*). La produzione (inclusa l'attività di R&S) si sviluppa sostanzialmente in Europa mentre negli USA il *product manager* di riferimento si occupa essenzialmente di coordinare la parte *hardware* prodotta in Illinois. Si ripete invece “a copia carbone” la funzione di *Sales & Marketing* benché la politica commerciale e pubblicitaria sia omogenea tra USA e UE.

Figura 3.1: Organigramma aziendale A3Cube



Fonte: Elaborazione propria

Lo “*stile di leadership*” è spiccatamente democratico (Lippit et al, 1952) ed orizzontale. Esso è parte integrante della *business strategy* e ben esplicitato nella *vision* che in qualità di ideale e valore-guida nella fissazione degli obiettivi ad incentivo delle azioni future, proietta l’azienda come un ambiente motivante per i propri impiegati e che li stimoli a lavorare e sentirsi integrati in un’unica grande squadra dove il principio di efficienza produttiva/economica sia sempre accompagnato dal rispetto della dignità umana e dei valori quali la creatività personale, l’armonia e il “senso del bello”. L’organizzazione dell’attività lavorativa

e le modalità di esecuzione del rapporto di lavoro subordinato sono flessibili e di fatto si ispirano ai principi dello *Smart working*¹³.

3.3 IL RUOLO DELL'IA IN INDUSTRY 4.0 E NEI SISTEMI DI ADVANCED BUSINESS ANALYTICS: LA RICETTA PER LA FABBRICA DEL FUTURO

Analisi predittive e prescrittive sono la vera rivoluzione grazie alle quali si può parlare di Industria 4.0. Quest'ultima a sua volta crea costantemente nuove sfide per la Business Intelligence richiedendo sia una capacità di analisi dei problemi sempre più efficiente ed approfondita, sia una maggiore velocità nel processo di *decision making*.

Il bisogno informativo, con l'avvento delle *advanced business analytics* e l'aumento della capacità di calcolo computazionale, per essere pienamente soddisfatto non si accontenta più di una tecnologia *edge computing*¹⁴ per l'elaborazione dei dati in *real time*, ma richiede il coinvolgimento diretto dell'Intelligenza Artificiale e delle sue diverse applicazioni sia nei processi

¹³Modalità di esecuzione del rapporto di lavoro subordinato caratterizzato dall'assenza di vincoli orari o spaziali e un'organizzazione per fasi, cicli e obiettivi, stabilita mediante accordo tra dipendente e datore di lavoro; una modalità che aiuta il lavoratore a conciliare i tempi di vita e lavoro e, al contempo, favorire la crescita della sua produttività (l.n.81/2017)

¹⁴ La società di analisi di mercato IDC la definisce come “una rete mesh di micro data center, in grado di elaborare e memorizzare dati critici localmente, e di trasmettere tutti i dati ricevuti e/o elaborati ad un Data center centrale o a un repository di cloud storage”. Il caso d'uso tipico è quello dei dispositivi e delle implementazioni *IoT*, che spesso devono fronteggiare problemi di latenza, mancanza di banda, affidabilità, non indirizzabili attraverso il modello *cloud* convenzionale: qui l'architettura di *edge computing* è in grado di ridurre la mole di dati da inviare nel *cloud*, elaborando i dati critici, sensibili alla latenza, nel punto di origine, tramite uno *smart device*, oppure inviandoli a un *server* intermedio, localizzato in prossimità (Zerounoweb, 2019)

aziendali che nei sistemi di Business Intelligence, i quali ora interessano davvero tutte le funzioni del sistema informativo esse siano operative, tattiche o decisionali.

3.3.1 Il funzionamento di un meccanismo di Intelligenza Artificiale

Se con il processo di *Industrial automation* apportato dalla terza rivoluzione industriale si pensava di aver toccato l'apice nel progresso tecnologico possibile, con l'esplosione della *Big data analytics* e più in generale dopo l'applicazione dell'Intelligenza Artificiale in campo produttivo e gestionale, si assiste ad un vero e proprio cambiamento dirompente di paradigma nei metodi di controllo della fabbrica.

Riprendendo la definizione di *Artificial Intelligence*¹⁵, si ritiene opportuno specificare come in realtà l'applicazione dell'AI ai processi di *manufacturing* faccia riferimento non a una singola idea ma ad almeno tre diverse tipologie:

- *Assisted AI*: è la forma più elementare e consiste in un semplice miglioramento nell'applicazione dei principi dell'automazione industriale alla produzione dove, oltre che sostituire l'operaio nelle mansioni più ripetitive e ottenere *feedback* di tipo passivo dai robot, le macchine sono programmate per eseguire, secondo regole predefinite, processi statistici per l'elaborazione del dato al fine di eseguire azioni e prendere decisioni intelligenti. Le tecniche standard di *feedback machine to machine* sono migliorate utilizzando algoritmi statistici

¹⁵ Cfr Sotto paragrafo 3.2.1

come, ma non solo, il rilevamento di anomalie per aiutare la funzionalità dell'automazione tradizionale in un modo che, ad esempio, sia possibile prevedere un errore prima che si verifichi piuttosto che reagire quando è già accaduto. L'obiettivo principale è quello di incrementare l'efficienza a livello operativo.

- *Autonomous AI*: è la più conosciuta e popolare perché fa riferimento ad esempio alle *self-driving machines*. Permette alle macchine di prendere decisioni ed agire senza un diretto coinvolgimento umano ma basandosi su un preventivo addestramento alla reazione in condizioni simili a quelle che si potrebbero verificare.
- *Augmented AI*: Al contrario dell'*Assisted* o dell'*Autonomous AI*, l'interazione uomo macchina non viene sostituita dal sistema ma piuttosto armonizzata e rafforzata (CPS) per orientare il processo di *decision making* operativo e direttivo in direzione *proattiva* (si pensi agli strumenti di *advanced business analytics*), incrementando la velocità di elaborazione dei dati ed estrazione di informazioni anche predittive e di *self-correction*. Più praticamente essa consiste nell'implementazione di una serie di algoritmi atti ad aumentare e migliorare le potenzialità della mente umana in scenari complessi. È considerata la forma di IA più conforme a soddisfare i principi dell'Industria 4.0 e dunque la più idonea ai fini dell'elaborato.

BOX 3.3.1: Il modello di *Augmented AI* nel linificio

Con particolare riferimento al settore manifatturiero e prendendo ancora una volta l'esempio del linificio, una serie di telecamere sono state utilizzate per consentire l'acquisizione di immagini in *real time* (cosa che l'occhio umano non riuscirebbe a fare) sullo stato del filo o del tessuto in ciascuno stadio della filiera e poi grazie a sistemi *cyber-fisici* e sulla base delle diverse situazioni possibili per cui le macchine erano state addestrate, si sono riusciti a comprendere e gestire automaticamente molti scenari differenti, dal riconoscimento dello stato del filo fino all'esecuzione del test sulla qualità di un tessuto o sulla natura di un disegno fatto sopra il tessuto stesso.

In questo contesto e più in generale nell'architettura dell'Industria 4.0 precedentemente descritta, le attività di *Integration e Communication*¹⁶ tra *Asset* per la *Connection* nel *cyber spazio* sono oggi più che mai oggetto di studio al fine di comprendere tutte le relazioni, incluse quelle più nascoste e profonde, che intercorrono tra le variabili di *input* e *l'output* finale.

Benché quando si parla di Intelligenza Artificiale il pensiero si agganci spesso ad immaginari fantascientifici, in realtà la sua natura non si discosta troppo da quella della mente umana ma anzi ne prende esempio e cerca di imitarne il funzionamento.

¹⁶ Cfr Sotto paragrafo 1.2.3

Il ragionamento umano di tipo induttivo, deduttivo, abduttivo, per assurdo o inferenza, è *data driven* per indole in quanto di fronte ad un problema cerca di analizzarlo e trovarne la soluzione maturando una conoscenza su come la correlazione tra le diverse variabili influenti abbiano potuto provocare un certo tipo di fenomeno.

Applicato al *manufacturing process*, la cosa interessante presente anche nei business case mostrati nel corso dell'elaborato, è che non solo si possono comprendere quali sono le variabili determinanti le caratteristiche di un prodotto e come queste lo influenzano, ma anche come si possono manipolare per indirizzare l'*output* nella direzione desiderata avvicinandosi all'ottimizzazione. Riprendendo il modello di maturità analitica di Gartner (Figura 2.3), sebbene a questo stadio la complessità di analisi sia molto elevata, il valore estraibile dal dato è massimo agevolando innovazioni sia di tipo incrementale che radicale. Ad esempio a seguito della rilevazione di un errore in una delle macchine per la filatura del lino, si è scoperto di poter ottenere una migliore qualità della fibra. Tale innovazione incrementale si è successivamente potuta rendere definitiva manipolando volontariamente le variabili di *input*.

Parallelamente la rete neurale, quale potente e principale strumento computazionale di Intelligenza Artificiale per attività di *Machine Learning*, si struttura come il nostro cervello (Figura 3.2) dove troviamo milioni di neuroni che singolarmente svolgono la stessa identica attività per ripetute volte ma che insieme, collegati

tramite l'assone da sinapsi, sono capaci di elaborare un'enorme quantità di dati: benché madre natura sia inimitabile, i *super computer* cercano di ispirarsi ad essa. Le reti neurali possono essere considerate delle catene o *network* composti da milioni di *computational cells* che svolgono indistintamente la stessa azione in modo ciclico con molteplici e diverse tipologie di dati interni o esterni all'azienda, strutturati, non strutturati o proprietari. I dati relativi a ciascuna variabile di *input* vengono dati in pasto a diverse cellule (*nodi di input*) che costituiscono il primo strato della rete neurale. Successivamente essi vengono combinati in diverse maniere con quelli provenienti da altre cellule per mezzo di *strati nascosti (hidden layer)* intermedi alla rete neurale al fine di trovare tutte le correlazioni significative tra *input* e *output (nodi di output)* finale alla catena di produzione (Figura 3.3). Abitualmente le variabili vengono normalizzate in maniera tale da essere facilmente comprensibili per la macchina: ad esempio è possibile classificare il livello di qualità di un prodotto attribuendo al fattore qualità un *range* da 1 a 5 o comunque un riferimento oggettivo, numerico, che possa delineare e in un futuro predire precisamente come è fatto il prodotto attraverso la quantificazione delle modalità presentate da ciascuna variabile, ponderata per la diversa influenza che questa esercita sulla determinazione delle caratteristiche dell'*output* finale considerato nella sua globalità.

Al contrario di quanto avvenuto con il processo di automazione oggetto della scorsa rivoluzione industriale, il procedimento di *Machine Learning* opera in modo

automatico: la rete neurale non è qualcosa che si programma ma che apprende autonomamente. Dal momento che si mettono in correlazione *input* e *output* tramite la rete neurale, automaticamente la macchina è in grado di scoprire tutte le correlazioni più profonde tra le variabili fornendo anche anticipatamente un modello prospettico dell'*output*.

Ad esempio per stimare la propensione di un paziente a sviluppare un cancro, in passato si potevano prendere in considerazione 10/15 variabili e, sulla base dell'esperienza e della teoria, predire se le modalità e i livelli rilevati fossero indicatori di cancro oppure no. Oggi l'attività di *Machine Learning* permette di fare la stessa cosa prendendo in considerazione milioni di variabili, potenzialmente tutte quelle che hanno influenza nella vita umana per poi adattarle e ponderarle sullo specifico paziente.

Stesso discorso è applicabile al contesto manifatturiero (Figura 3.4). Considerando infatti un ciclo produttivo dove le materie prime vengono trasformate in prodotto finito, normalmente si conosce il processo di fabbricazione intermedio perché qualcuno l'ha progettato ma tuttavia risulta impossibile essere completamente coscienti della relazione tra le variabili che entrano in gioco lungo la catena di produzione. Al contrario, l'applicazione dell'Intelligenza Artificiale consente di estrarre dal processo tutte le informazioni necessarie *in a very clean way* ovvero determinando quali sono i sensori utili secondo il bisogno informativo e trovare il modo affinché la macchina capisca automaticamente la correlazione tra ciascuna

variabile nella catena di produzione e le metta in relazione con la qualità e il risultato finale desiderato.

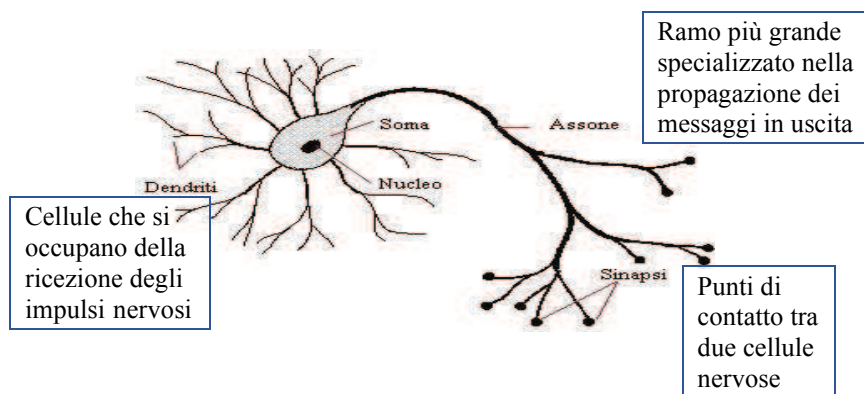
Con questo approccio olistico e innovativo di fusione dei dati è possibile creare un controllo intelligente dei processi produttivi e in maniera radicalmente diversa da qualsiasi impianto di monitoraggio disponibile finora: il sistema basato su un'Intelligenza Artificiale non solo può migliorare la qualità dei prodotti esistenti analizzando i diversi fattori che possono comprometterla, ma può ridurre i tempi di risultato minimizzando gli sprechi e comprendere la relazione tra il prodotto stesso e tutti i vari dati provenienti dalle diverse fasi della catena di produzione.

Lo scopo della raccolta dei dati disponibili è dunque quello di assemblare, in un'ottica *data-driven*, un'architettura gerarchica multistrato della fabbrica dove da un lato il sistema di visione aumentata viene utilizzato come strumento di supporto alla produzione, dall'altro *l'output* fornito da tale sistema di visione aumentata può essere messo in relazione con tutti gli altri dati raccolti durante la catena di produzione in modo da poter "etichettarli". Questa etichettatura consente di utilizzare ogni dato per formare una *deep neural network* in cui tutte le variabili della catena di produzione sono in relazione con *l'output* realizzando uno strumento in grado di descrivere l'intero processo di fabbrica.

BOX 3.3.2: La relazione Input/Output nella rete neurale del linificio

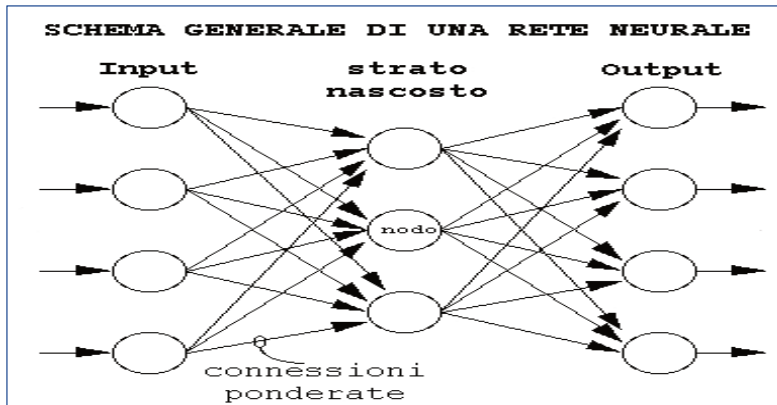
La combinazione tra l'analisi della visione aumentata dell'output finale e le caratteristiche delle altre variabili fisiche acquisite durante tutta la linea di produzione del lino, permette di incrementare ulteriormente la capacità del sistema di prendere in considerazione anche le caratteristiche ambientali correlate con il prodotto finale abilitando l'accesso a delicate informazioni strategiche riguardo l'identificazione preventiva del prodotto finale e la possibilità di manipolazione delle variabili.

Figura 3.2: La rete neurale Umana



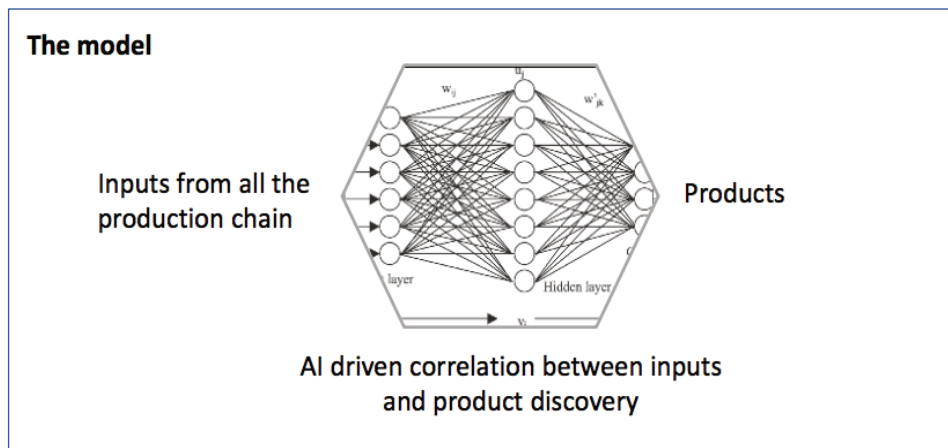
Fonte: Elaborazione propria da Bioemulation.org

Figura 3.3: La rete neurale Artificiale



Fonte: Follador, 2017

Figura 3.4: Modello di funzionamento di una rete neurale nella catena di produzione



Fonte: Billi, 2019

Realizzando un controllo della produzione basato su meccanismi di Intelligenza Artificiale, si schiudono nuove ed entusiasmanti opportunità per l'intero settore manifatturiero in quanto è possibile non soltanto migliorare e *customizzare* il prodotto manipolando le variabili in base alle esigenze del cliente e ai *trend* in ciascun periodo, ma anche creare nuovi prodotti.

3.3.2 Componenti essenziali di un meccanismo di IA: Dati e *Computational power*

Seguendo il discorso fatto per l'evoluzione dei sistemi di Business Intelligence, anche i concetti di *Machine Learning* e Intelligenza Artificiale non sono nuovi e alcuni algoritmi utilizzati tutt'ora per alimentare reti neurali, furono elaborati negli anni '80. Tuttavia prima dell'attuale quarta rivoluzione industriale si è avuta una scarsa, nulla o non efficiente applicazione dell'IA e dei suoi strumenti (*Machine learning, Business Analytics, Big Data Analytics* ecc...) in campo produttivo e decisionale anche quando si sarebbero avute le ragioni, gli algoritmi e la conoscenza necessaria per svolgere le medesime operazioni che oggi si eseguono tramite reti neurali, *image and speech recognition*. Le cause sono due, strettamente correlate tra loro ed entrambe decisive per l'effettivo sviluppo dell'Intelligenza Artificiale. La prima è la mancanza di capacità di raccolta di dati per addestrare un sistema a compiere un'azione: con il processo di *Machine Learning* la macchina non si programma seguendo teoremi già conosciuti e testati su situazioni passate, ma piuttosto si alimenta con grandi moli di dati provenienti dalla realtà dei fatti osservati giorno per giorno in modo tale che essa possa apprendere e riconoscere le situazioni per fare previsioni; questa rappresenta inoltre la differenza tra l'attività di *Machine Learning* e la *Computer science* del passato.

Grazie all'evoluzione dei *Big Data* che sta dando forma ad un mondo *data-driven*, è stato possibile superare l'ostacolo abilitando inoltre il passaggio da Industria 3.0 a 4.0 dove le macchine apprendono ed eseguono automaticamente operazioni di

self-maintenance. Tuttavia, come afferma Billi (CTO e co-founder A3Cube) ora ci si trova a far fronte a quello che egli definisce il “*Problema dei Big Data*” con riferimento a tutte le circostanze in cui la quantità di dati a disposizione è superiore alla capacità di elaborazione dello strumento usato in un tempo utile. Ad esempio una persona ha un “*problema di Big Data*” se riceve 500 mail al giorno a cui deve rispondere obbligatoriamente in 24 ore ma è in grado di leggerne solo 200: “*Tutti confondono la nozione di Big Data con l’immagine di una grande quantità di dati ma in realtà si è di fronte ad un concetto relativo che varia, si evolve e aumenta in maniera direttamente proporzionale al tempo di validità del dato e alla potenza di calcolo. Quindi non si può definire il termine Big Data in modo assoluto in quanto non c’è una soglia per stabilire dopo quando una certa quantità di dati diventa Big*” (Billi, 2019).

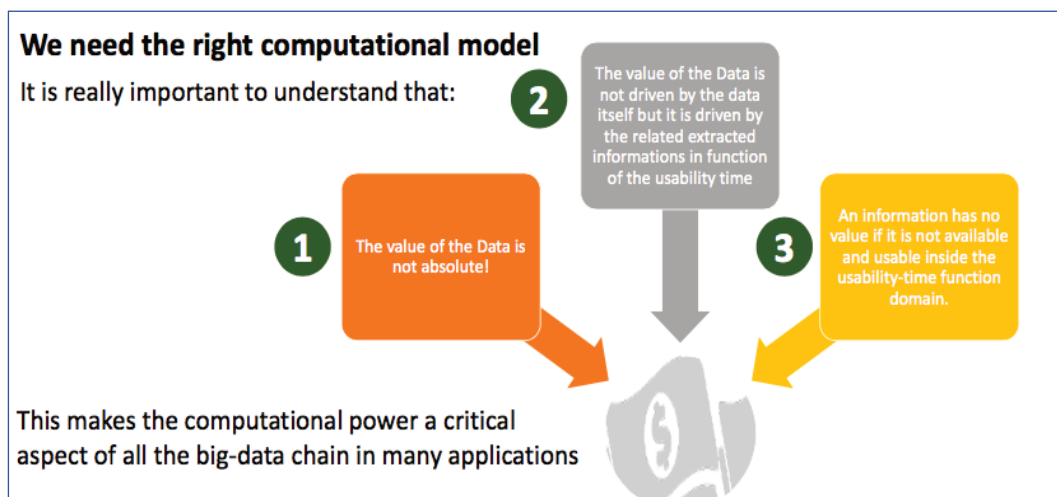
La seconda causa, strettamente collegata alla prima, è quindi l’insufficiente potere computazionale perché se è vero che da una parte si necessita di grandi quantità di dati affinché la rete neurale abbia sufficiente “nutrimento” per apprendere ciò che deve fare, dall’altra questa operazione deve poter essere fatta in maniera tempestiva: è sul fattore tempo che si gioca l’instimabile valore e l’utilità apportata da *Industry 4.0* e dall’IA alla catena di produzione.

In un contesto globalizzato dove il livello di competitività delle aziende sta aumentando rapidamente, l’Intelligenza Artificiale può davvero aiutare e condurre a innovazioni vincenti di prodotto e di processo.

Per esempio se si vuole insegnare ad una macchina a distinguere tra una tazza di tè e una di caffè è necessario mostrare ed alimentare la macchina con diverse figure delle tazze messe in posizioni diverse in modo che lei capisca che in qualsiasi posizione, colore o forma essa si trovi è sempre una tazza di tè o di caffè e che le due sono diverse tra loro: per fare questo la macchina deve collezionare ed elaborare una cifra come 4 milioni di immagini che nel 2004 (dunque appena 15 anni fa) avrebbe richiesto circa 500 giorni rendendo impossibile per un'azienda trarre benefici da un *time to market* così lungo (offrire oggi al mercato un'innovazione di prodotto relativa all'anno precedente non avrebbe avuto nessun valore!). Nel 2014 e in concomitanza con l'incubazione di *Industry 4.0*, tale tempo di elaborazione è sceso a 53 giorni e il *trade off* costi-benefici è iniziato ad essere più ragionevole per arrivare nel 2019 dove il processo di apprendimento di una mole di immagini così elevata richiede appena 20 giorni utilizzando semplici CPU. In più con il recente utilizzo di *GPU arrays* incorporate in hardware il quale funzionamento non si discosta da quello di GRIFO, senza modificare gli algoritmi e con la combinazione di 16 GPUs è possibile ottenere straordinari incrementi di performance che permettono di ridurre la tempistica a 20 minuti: la disposizione di capacità di calcolo abilita il funzionamento dell'IA in particolare in un contesto di business globalizzato e connesso dove, oggi più che mai, le decisioni devono essere prese sostanzialmente in *real time* al fine di minimizzare il *time to market* e massimizzare il vantaggio competitivo.

Anche per analisti, controller ed esperti di Business Intelligence ciò comporta un'evoluzione nella mansione loro attribuita passando a lavorare da un database a un flusso di dati e dall' uso di informazioni provenienti dalle attività aziendali a dati raccolti da ambienti diversi ma influenzati dalla potenza di calcolo dell'hardware. D'altro canto senza il *computational power* gli algoritmi sarebbero inutili ed è infatti proprio per questo che non sono stati utilizzati fino a d'ora nei processi aziendali: il valore del dato è correlato positivamente con la capacità di analizzarlo in un lasso di tempo utile per sfruttare quanto più possibile del suo contenuto informativo, dopodiché una volta giunta la “data di scadenza”, “l'incantesimo” svanisce ed esso torna ad essere un qualunque numero o attributo la quale elaborazione non produrrebbe alcun tipo di risultato ma solo costi in termini di perdita di tempo e denaro (Figura 3.5).

Figura 3.5: Il valore relativo del dato



Fonte: Billi, 2019

A sua volta la performance computazionale di un computer si basa su due elementi: gli algoritmi e i dati a disposizione e dunque più si hanno una matematica e dei dati “veloci” più si guadagna in capacità di calcolo.

Attualmente quattro sono ancora le maggiori sfide in termini di *computational power*:

- Ridurre la *latenza* nell’accesso ai dati
- Ottimizzare la rete di *Distributed computing* intesa come sistema computerizzato distribuito composto da più componenti software presenti su diversi computer ma eseguiti come un unico sistema e con il fine di far funzionare una rete (aziendale ad esempio) come un singolo computer e in maniera scalabile
- Efficientare l’utilizzo dello spazio di memoria dei sistemi
- Massimizzare l’utilizzo delle risorse di calcolo

Tuttavia esse possono essere tutte ricondotte al problema della latenza.

Ad esempio, (Figura 3.6) per addestrare un sistema si hanno delle informazioni memorizzate che devono essere analizzate per capire se sono utilizzabili ed attendibili e che dunque necessitano di un processo di pulizia e controllo dati fino a quando non saranno pronte per essere date in pasto all’algoritmo ed insegnare alla macchina quello che deve fare affinché i cicli ripetuti (*re-train*) di addestramento producano il risultato desiderato attraverso l’ottimizzazione dell’algoritmo. La capacità di eseguire l’attività di *re-train* nel minor tempo possibile è cruciale per la

messa a punto della rete e per raggiungere un alto grado di precisione della stessa basato su tutti i nuovi dati acquisiti dal sistema durante le fasi di lavoro.

Ciascuna fase infatti richiede tempo e per quanto riguarda la potenza di calcolo, la *latenza* ne rappresenta il maggior costo e fattore critico: essa misura la velocità di risposta di un sistema e viene definita come il tempo di attesa nell'elaborazione del dato prima di poter intraprendere un'azione ovvero il tempo "sprecato" intercorrente tra inserimento dell'*input* nel sistema ed ottenimento dell'*output* desiderato.

Riassumendo, sebbene l'Intelligenza Artificiale sia in grado di supportare ed ampliare gli scenari aperti dalla quarta rivoluzione industriale, la progettazione di un'architettura che permetta agli algoritmi di lavorare in maniera ottimale ne rappresenta il *booster*.

"Every time you have a real bottleneck to solve, you have to find a new architecture" (Dr. Steve Chen da sito A3Cube).

3.3.3 La scelta della giusta Architettura

Le soluzioni architetture disponibili per ridurre la latenza ed ottimizzare le performance nell'elaborazione dei dati sono molteplici e, contrariamente alle credenze di molti, quelle previste per la realizzazione di *Industry 4.0* non sono basate soltanto su *cloud computing*. Infatti sebbene quest'ultimo può andare per calcoli predittivi come la stima del *reorder point* di magazzino o la previsione della quantità ordinata dal cliente, nella realtà del flusso continuo di produzione non è

possibile per la medesima ragione che il valore dell'informazione estraibile dal dato è negativamente correlato al tempo che si impiega per intraprendere l'azione influenzando sul prodotto finale. Riprendendo l'esempio del linificio, tra la rilevazione dei parametri qualitativi produttivi e l'eventuale azione di intervento in caso di necessità, non possono passare ore ma minuti perché altrimenti si rischia di mandare a male tutto il filato. Spesso dunque una semplice connessione alla rete Internet non è sufficiente: sia la quantità di dati provenienti dai sensori posti lungo la catena di produzione e da trasferire, sia la capacità di calcolo di cui si necessita per l'estrazione, l'elaborazione e il rinvio del *feedback* sarebbero troppo grandi e richiederebbero tempi elevati. Inoltre non si può incorrere il rischio che la connessione non funzioni: in questi casi è consigliabile articolare l'architettura di *computational power* su una struttura *hardware* locale interna e scalabile.

Se si comprende che l'utilità del dato è limitata nel tempo e lo sarà sempre di più in un contesto economico a crescente competitività aziendale, si arriva a capire il bisogno di un nuovo modello di calcolo per l'*Industria 4.0* che non è il *cloud* ma quello che meglio consente di decidere e intraprendere azioni in *real time* così come avviene con l'automazione industriale. *L'industrial automation* potrà essere sostituita *dall' industrial Artificial Intelligence* solo quando quest'ultima avrà gli stessi tempi di risposta della prima (ovvero in *real time*) infatti, quando si ha la presenza di un operatore addetto al controllo della macchina, egli è capace di intervenire in pochi secondi: il paradigma *Industria 4.0* deve essere ripensato

sull'esempio dell'interazione che l'uomo ha potuto stabilire con la macchina grazie all'avvento dell'automazione industriale e progredire con l'applicazione dell'IA. L'implementazione di una rete di *distribute edge computing* contribuisce in maniera abilitante tale salto di qualità rendendo possibile lo *switch* da *Innovation* a *Disruption* dei processi aziendali. Il problema dell'insufficiente *computational power* tuttavia viene spesso sottovalutato dalle imprese eppure la complessità degli algoritmi implementabili è strettamente legata alla potenza di calcolo a disposizione.

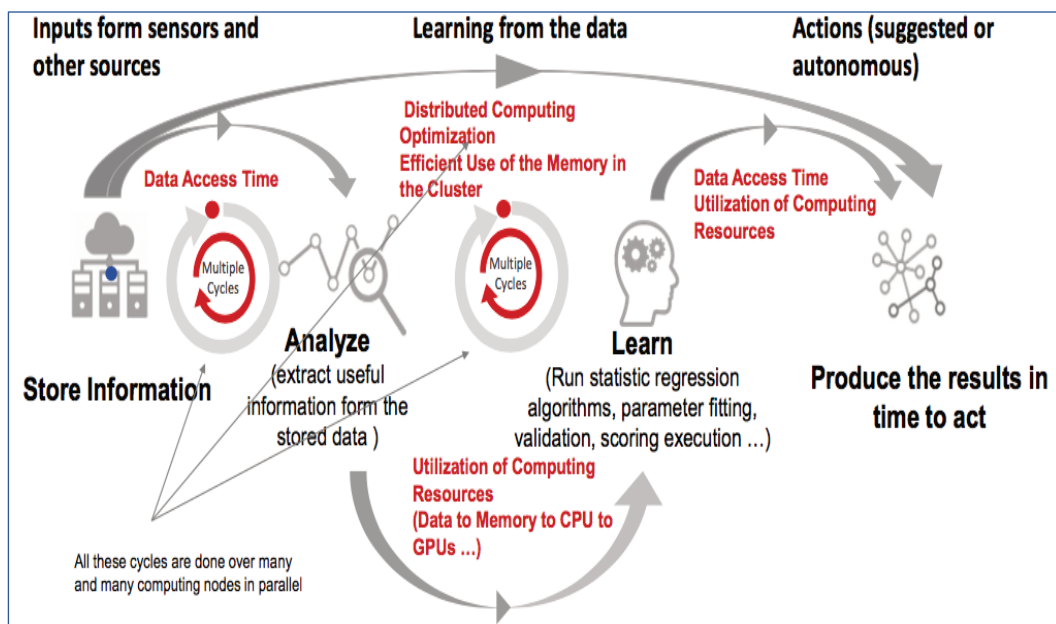
Nei principi appena esposti c'è sostanzialmente tutto ciò da conoscere sui modelli di architettura computazionale in una moderna Industria 4.0.

Riassumendo (Figura 3.6), si hanno diversi sensori che immagazzinano dati dai quali in *real time* devono essere estratte soltanto le informazioni *utili*. A tal fine, dopo la rilevazione è necessario “*ciclare*” i dati più volte per “*pulirli*”: solitamente questo avviene attraverso un *batch processing*¹⁷ e in maniera continua dove ogni volta che si estraggono ed analizzano dati che si rivelano utili, la macchina subisce un progressivo processo di apprendimento. Si ottiene così un modello completo e capace di produrre risultati pronti per l'azione essa sia di reazione dell'operatore a un fatto avvenuto (ad esempio per garantire il flusso continuo) o di conoscenza della qualità dell'*output* in base alla quantificazione dei livelli delle variabili di *input*.

¹⁷ Processo che avviene in “*Background*” e non in “*Real time*” (ad esempio si immagazzinano dati durante il giorno e la notte si elaborano).

Il risultato sarà una *intelligent factory* in cui gli umani possono interagire in *real time* con le macchine (CPS) e dove in più viene risolto il problema di *cleaning* dei dati: se il modello architetturale di base è stato progettato decidendo in principio quali sensori utilizzare e in che maniera in base alle esigenze informative, non si tratta più di collezionare randomicamente dati grezzi provenienti da non importa quale tipo di dispositivo, ma piuttosto di estrapolare il giusto dato al momento giusto ottenendo risultati molto precisi in modo più snello anche ai fini della localizzazione e correzione dei problemi nella catena di produzione per un miglioramento globale delle performance in maniera automatica e del tutto autonoma.

Figura 3.6: L'architettura di un processo di Machine Learning



Fonte: Billi, 2019

In conclusione la rivoluzione che abilita tale processo è qualcosa che solo 5 anni fa era inimmaginabile e ad oggi possibile grazie al potere computazionale e alla mole di dati (*Big Data*) a disposizione. Inoltre soltanto ora si ha realmente la consapevolezza di quanto possano essere potenti gli algoritmi alla base delle reti neurali applicate al *manufacturing*: pensare all'Industria 4.0 come una *connected chain* composta da migliaia di elementi è fattibile e può davvero efficientare la produzione. In questa ottica è possibile concepire lo sviluppo di “*un processo manifatturiero in grado di andare oltre la fase di inizio del ciclo di vita [per] comprendere tutte le componenti della produzione [fino] alla fase di fine ciclo con un approccio di tipo circular economy, che diventa un paradigma di sostenibilità e di vantaggio competitivo*” (Miragliotta, 2015).

BOX 3.3.3: Risultati desiderati e attesi dal linificio

Anche tra le linee guida ed i principi fondanti il piano di lavoro da eseguire nel linificio, si riconoscono la volontà e l'impegno ad aumentare la sostenibilità, la tracciabilità e la circolarità del processo di produzione efficientando tempi e metodi. Tre sono gli obiettivi esplicitati a riguardo: il primo mira all'ottimizzazione della fase di tintura attraverso il monitoraggio in tempo reale della durata di ogni fase ed una migliore gestione dei fluidi, il secondo fa riferimento sia alla creazione di un database completo relativo ai dati rilevati nella catena di produzione per distribuirli ai diversi *stakeholder*, sia a nuove tecnologie dirompenti per migliorare la sostenibilità del processo produttivo e infine la terza riguarda la gestione di un flusso di informazioni cumulative e caratterizzanti ciascun prodotto, la sua storia e il suo valore, attraverso una tecnologia *blockchain*.

3.4 L'ASPETTO ETICO DELL'IA: IL PUNTO DI VISTA DELL'ESPERTO

Tema dibattuto e di grande attualità, è quello riguardante l'impatto etico dell'Intelligenza Artificiale sulla vita quotidiana in generale e in ambito professionale nello specifico. Si è scelto di trattare l'argomento chiedendo direttamente il parere dell'esperto Emilio Billi, CTO e *co-founder* di A3Cube con esperienza ventennale nel campo dell'Intelligenza Artificiale e degli strumenti *hardware* e *software* che ne permettono l'implementazione.

“Componenti della definizione di Industrie 4.0 presa a riferimento nel corso dell'elaborato sono le conseguenze che ne derivano in termini di organizzazione del lavoro. Qual è il valore etico dell'Intelligenza Artificiale e quali opportunità per un miglioramento globale può portare in ambito professionale?”

Rispondere a questa domanda è molto semplice se ci si scosta dalla fantascienza e dalle dichiarazioni roboanti di personaggi che usano la loro visibilità per far rumore senza cognizione di causa.

Premesso che con una tecnologia si possono fare cose che si collocano agli estremi sia del positivo che del negativo, entrando in un'ottica di essere custodi protempore del mondo e non padroni, quindi in un'ottica di voler preservare e migliorare le condizioni del pianeta e della società anziché consumare il consumabile senza criterio per poi accorgerci delle emergenze globali che stiamo creando, viene spontaneo vedere cosa e come si può fare di positivo per la nostra e le future generazioni utilizzando uno strumento potente e sofisticato come l'Intelligenza

Artificiale. Esistono vari modi di intendere il concetto ma io vorrei concentrarmi su quella che ritengo essere la più promettente ovvero la cosiddetta “Augmented AI”, una sorta di intelligenza che si affianca a quella naturale umana e che quindi ne aumenta le capacità creando nuove possibilità di comprensione che altrimenti non sarebbero del tutto possibili o in maniera molto limitata. L’Augmented AI si affianca dunque all’uomo, non lo sostituisce e diventa uno strumento interattivo che può essere usato per comprendere scenari molto complessi in maniera semplificata, prendere decisioni migliori di quelle che si potrebbero prendere senza ed efficientare processi già esistenti ottimizzando le risorse coinvolte, riducendo i costi e gli sprechi che inevitabilmente sono presenti in qualsiasi processo sia produttivo che di progettazione che creativo e arrivando a creare nuovi posti di lavoro e a salvarne di vecchi.

L’IA se correttamente istruita può realmente aiutare la creazione di un processo virtuoso per il rinnovamento della struttura sociale che io stesso auspico e che vada ad affiancare non solo l’industria ma anche la politica la quale, per struttura e modalità, si presta benissimo ad essere integrata con algoritmi di IA.

Una delle applicazioni in tal senso riguarda il miglioramento dei processi in modo da rendere qualitativamente più competitivo il prodotto, diminuirne il costo di produzione, ridurre gli sprechi, ottimizzare le performance, capire come sviluppare nuovi prodotti e quindi rendere molto più *challenging* la produzione permettendo di realizzare una sana competizione contro i paesi che basano tutto sul basso costo

della manodopera. Questa opportunità che l'Intelligenza Artificiale è in grado di portare nello scenario manifatturiero è incredibilmente importante per il comparto produttivo europeo dove esistono competenze e fabbricazioni di primissimo livello che spesso si scontrano con una produzione basata su una pura leadership di costo. Un altro aspetto poco considerato dell'IA applicata all'industria è la possibilità non solo di generare nuovi posti di lavoro come tecnici specializzati in catene produttive "intelligenti", figura professionale che nei prossimi anni potrebbe rivestire un ruolo importantissimo all'interno degli organigrammi delle aziende industriali, ma anche come ancora di salvezza per i posti di lavoro tradizionali.

Per chiarire bene il concetto vorrei fare un esempio reale.

All'interno di alcuni ambiti produttivi, importanti, ad esempio, per l'Europa, ci sono delle professioni che vanno scomparendo da cui dipendono però i destini di tutte le altre figure aziendali anche se queste non sono direttamente coinvolte nel problema e che però lo diventano nel momento in cui a causa della mancanza di risorse, in un punto strategico della catena produttiva si mette a rischio l'intero stabilimento.

Uno di questi casi è costituito dalla produzione europea del lino e di alcuni altri tessuti. La catena produttiva attuale è tale per cui è necessaria la presenza di alcuni operatori in ambienti con 98% di umidità per 8 ore consecutive al giorno con abilità manuali che richiedono un periodo molto importante di formazione. Nei paesi europei questo tipo di persona sta inevitabilmente scomparendo con il fisiologico raggiungimento dell'età pensionabile e la mancanza di nuove figure disposte a

lavorare a queste termini, a tutto vantaggio di quei paesi dove le condizioni di lavoro di una persona non sono ancora diventate un cardine importante della società. Questo comporta che se non si trovano figure in grado di svolgere tali compiti, tutto lo stabilimento è destinato ad essere rilocato con conseguente perdita di lavoro per tutti gli addetti e con ripercussioni importanti anche sull'indotto.

L'utilizzo intensivo dell'AI permetterebbe di affiancare il controllo dell'operatore con l'installazione di videocamere capaci di monitorare il processo produttivo, estrarne i dati ed interagire con i dipendenti localizzati in una *control room* consentendo non solo di mantenere ma anche incrementare la produzione europea delle suddette fibre salvando posti di lavoro ed aumentando la competitività europea contro gli altri paesi.

L'Intelligenza Artificiale permette a tutti gli effetti di implementare una serie di piccole e grandi rivoluzioni che al contrario di quanto avvenuto con l'automazione industriale hanno ripercussioni molto positive sull'industria, sulla società e sulla vita di tutti i giorni in genere.

4. IL BUSINESS CASE *ALFA*¹⁸: DALLA TEORIA ALLA PRATICA

4.1 UNA VISIONE DI INSIEME

Ad introduzione del business case oggetto dell'elaborato e concernente l'applicazione pratica dei principi di Industria 4.0 e Intelligenza Artificiale precedentemente trattati, si ritiene opportuno eseguire lo stato dell'arte sull'implementazione dell'IA nel contesto aziendale odierno.

A tale scopo si sono analizzati i risultati ottenuti da uno studio condotto dal *MIT Sloan Management Review* in collaborazione con *Boston Consulting Group* nel 2017 avente come obiettivo l'analisi delle sfide e delle opportunità associate all'uso dell'Intelligenza Artificiale da un punto di vista interno alle aziende, per spiegare il *gap* presente tra le ambizioni che le imprese hanno nei confronti dell'IA e gli sforzi che esse mettono effettivamente in atto per raggiungerle. Il campione di indagine è costituito da 3.000 tra CEO, Manager e Analisti provenienti da organizzazioni di varie dimensioni e sparse in 112 paesi e 21 industrie.

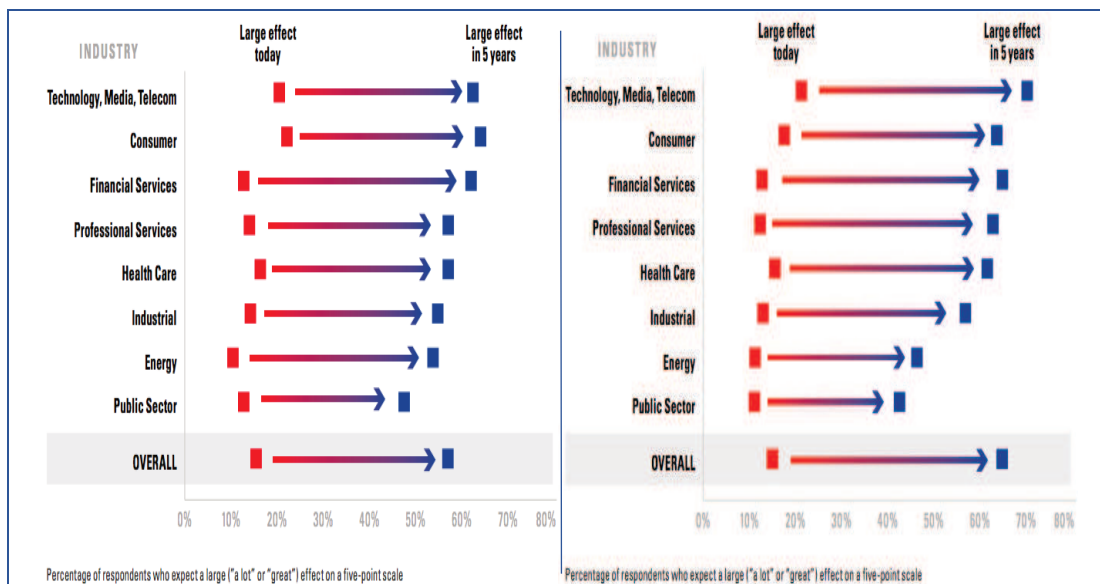
4.1.1 Aspettative vs Realtà

Globalmente, le aspettative sull'Intelligenza Artificiale sono elevate in tutti i settori, indipendentemente dalle dimensioni dell'azienda e l'area geografica ma soltanto il 14% degli intervistati ritiene che l'IA abbia attualmente un grande effetto nella

¹⁸ L'impresa protagonista del business case ha chiesto di mantenere l'anonimato. Pertanto si è deciso di attribuirle un nome di fantasia. Si invita il lettore, in caso sia interessato ad ulteriori approfondimenti, a farne richiesta all'autrice.

propria organizzazione, allorché il 63% prevede un impatto positivo concreto nell'arco dei prossimi 5 anni. Tale credenza sembra essere ritenuta plausibile in tutti i settori e sia per quanto riguarda l'offerta di prodotti (dove le percentuali sono rispettivamente del 15 e 65 percento) che i processi aziendali (15 e 57 percento) (Figura 4.1)

Figura 4.1: Aspettative riguardo l'implementazione dell'IA nell'offerta di prodotti (a sinistra) e nei processi aziendali (a destra)



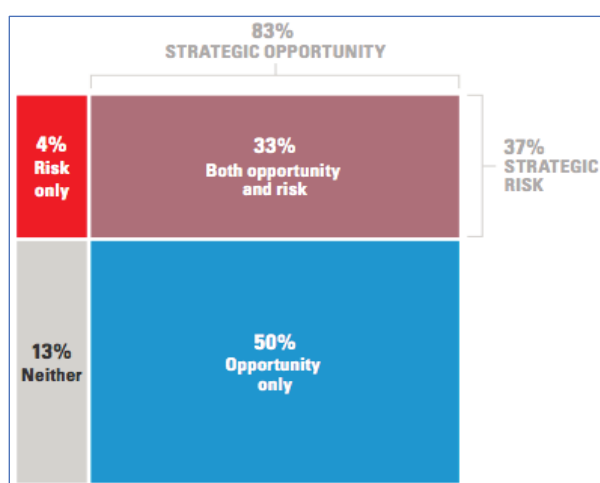
Fonte: Sam Ransbotham et Al., "Reshaping Business with Artificial Intelligence", MIT Sloan Management Review, Fall 2017

4.1.2 Opportunità strategica vs Rischio potenziale

A fianco alle elevate ambizioni, gli intervistati sono pronti a riconoscere i potenziali rischi di un tale investimento. Infatti, come illustrato nella Figura 4.2, si può notare che sebbene globalmente l'83% vede l'IA come un'importante opportunità

strategica di business, tale percentuale scende al 50% se si considerano soltanto coloro che credono essa comporti unicamente vantaggi mentre il restante 33% intravede un'opportunità ma non immune da rischi. Il restante 17% si divide tra giudizi neutri (13%) e soltanto il 4% totalmente negativi.

Figura 4.2: AI come opportunità strategica e rischio

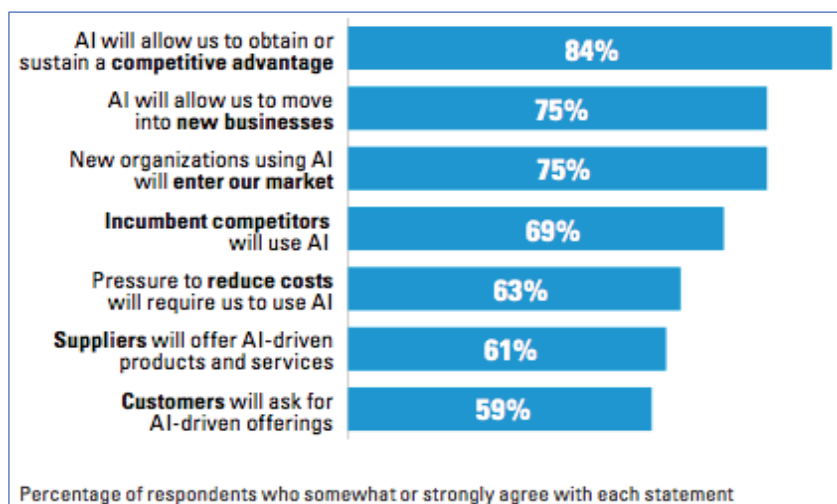


Fonte: Sam Ransbotham et Al., "Reshaping Business with Artificial Intelligence", MIT Sloan Management Review, Fall 2017

In particolare, le maggiori opportunità strategiche riconosciute sono in linea con quelle teorizzate durante il corso dell'elaborato in termini di guadagno in vantaggio competitivo sostenibile (84%), accesso a nuovi business (75%) e riduzione dei costi (63%). Allo stesso tempo si nota come l'adozione dell'IA sia sostenuta anche da coloro che sono spinti da ragioni di difesa e reazione alle *5 forze competitive di Porter* piuttosto che di attacco: credenza che sia i potenziali entranti (75%) che *competitors* (69%) utilizzeranno tecniche di AI, convinzione che i fornitori

offriranno prodotti e servizi *AI-driven* (61%), previsione che i clienti chiederanno sempre più soluzioni *AI-driven* per soddisfare i loro bisogni (59%) (Figura 4.3).

Figura 4.3: Ragioni principali nell'adozione dell'IA



Fonte: Sam Ransbotham et Al., "Reshaping Business with Artificial Intelligence", MIT Sloan Management Review, Fall 2017

4.1.3 Differenze nell'adozione e nella comprensione dei principi di IA

Nonostante le elevate aspettative, la conformazione ai principi dell'IA e quindi dell'Industria 4.0 sembra ancora essere ad uno stadio iniziale. Infatti sebbene 4 intervistati su 5 vedono in essa un'opportunità strategica per la propria organizzazione, 1 su 5 l'ha già adottata in almeno uno dei propri prodotti o processi e soltanto 1 su 20 la sta applicando all'intero business e in maniera estesa. Tuttavia sussistono importanti differenze nel tasso di adozione tra aziende diverse appartenenti alla stessa industria: in generale le grandi imprese (>100.000 impiegati) e quelle che occupano una posizione di *leadership* settoriale sono più

propense ad avere una strategia di IA rispetto alle altre. Si possono individuare quattro gruppi discriminati in base al livello di maturità nell'adozione dei modelli di *Artificial Intelligence*:

- *Pioneers* (19%): imprese che hanno capito e adottato l'IA e dunque all'avanguardia nell'integrazione della stessa nei propri prodotti e processi. Essi hanno risolto e superato i problemi legati alla comprensione della materia ed ora il loro più grande ostacolo risiede nell'acquisizione di praticità per sviluppare e reperire capitale umano esperto in Intelligenza Artificiale e per allocare correttamente le priorità di investimento al fine di trarne il massimo vantaggio competitivo.
- *Investigators* (32%): comprendono l'importanza del fenomeno ma non riescono a lanciarsi nell'implementazione oltre la fase pilota di prototipazione.
- *Experimenters* (13%): approcciano il metodo del "*learning by doing*", stanno adottando l'IA ma senza una totale, profonda, consapevole e preventiva comprensione delle azioni intraprese.
- *Passives* (36%): coloro che non comprendono e hanno scelto di non adottare meccanismi di IA. Essi devono ancora capire ciò che l'IA può fare per loro, spesso perché non hanno ad oggi identificato casi specifici concreti che meritavano un investimento in questo campo. Presentano una carenza anche in termini di *leadership* che il più delle volte vede la tecnologia come un ostacolo scoraggiando un cambiamento anche a livello di cultura organizzativa.

A livello di comparazione statistica, i *Pioneers* hanno una probabilità in media 12 volte maggiore rispetto ai *Passives* di comprendere i processi di *training* degli algoritmi, 10 volte tanto quella di stimare correttamente i costi per l'investimento in nuovi prodotti e processi di IA e 8 volte in più in termini di comprensione dei dati necessari e utili per alimentare ed addestrare gli algoritmi. Spesso infatti è stato rilevato che la capacità di creare valore dall'implementazione dell'Intelligenza Artificiale è direttamente correlata all'abilità di *training* dei relativi algoritmi sottostanti: nel sondaggio, molte applicazioni sono iniziate con uno o più algoritmi "nudi" diventati intelligenti solo dopo essere stati ben addestrati (e non programmati!). Ancora una volta emerge l'importanza di una solida architettura di base costruita anche per mezzo di un efficiente sistema informativo che fornisca e renda compatibili tra loro i dati da dare in pasto agli strumenti idonei (*Machine Learning, Neural Networks* ecc...). In tale contesto, mentre la gran parte dei pionieri dispone già di solide infrastrutture di analisi dei dati e di un'ampia comprensione di ciò che serve per sviluppare ed addestrare gli algoritmi, gli investigatori e gli sperimentatori, al contrario, trovano difficoltà dovute alla poca esperienza e all'eterogeneità dei dati che abitualmente sono ancora mantenuti in diversi *silos*, rendendo difficile l'integrazione e la pulizia. Allo stesso tempo, se oltre la metà delle organizzazioni *Pioneers* investe in modo significativo in *data & training*, già nel cluster degli *Investigators* il rapporto scende a un quarto.

4.1.4 Management Challenge e prospettive in ambito lavorativo

Alla luce dei risultati ottenuti dal sondaggio, tre sono le principali sfide alle quali i manager si vedono chiamati in gioco e vogliono affrontare:

- Apprendere e comprendere più profondamente i meccanismi di Intelligenza Artificiale
- Imparare a mettersi nell'ottica di inquadrare ed organizzare il business in una *AI- oriented way* valorizzando *soft skill* e flessibilità organizzativa che permettono nuove forme di collaborazione, incluse quelle di *team work* tra uomini e macchine.
- Sviluppare una visione a 360 gradi del panorama competitivo in cui l'impresa opera ed è *embedded*, benchè attualmente soltanto un 20% degli intervistati ha già intrapreso una strategia di AI.

Per quanto riguarda le prospettive in ambito lavorativo, contrariamente alle recenti terribili previsioni sull'effetto dell'Industria 4.0 sull'occupazione ma del tutto in linea con quanto sostenuto da Emilio Billi¹⁹, il sondaggio mostra un cauto ottimismo. Mentre la maggior parte degli intervistati non si aspetta che l'implementazione dell'IA nei processi aziendali porterà ad una riduzione dei posti di lavoro, il 70% sostiene addirittura di non temere di essere sostituito da una macchina. Con margini simili, il campione indagato spera inoltre che l'IA assuma alcuni dei compiti più noiosi e spiacevoli in ottica *Assisted ed Augmented*. Tuttavia,

¹⁹Cfr Paragrafo 3.4

gli intervistati concordano in modo schiacciante che saranno richieste l'acquisizione e il potenziamento di nuove competenze entro i prossimi cinque anni. Dunque sebbene si presagisca un adattamento piuttosto che un annientamento delle attuali professioni, non si può negare il fatto che in quasi tutti i settori le persone che sanno usare ed interfacciarsi con i meccanismi di IA stanno iniziando a sostituire gli addetti ignoranti nel campo e questa tendenza non farà che accelerare.

4.2 SMART EXECUTION, SMART INTEGRATION E SMART PLANNING

Per inquadrare la portata del business case in termini di contributo alla concreta realizzazione di una *Smart Manufacturing*, si possono distinguere tre direttive di sviluppo della fabbrica intelligente:

- *Smart Execution*: agisce sul *core* dell'industria ovvero su tutte le tradizionali applicazioni a supporto delle *operation* tra cui la logistica, la sicurezza, riparazione e manutenzione, controllo del processo e provvede a facilitarne, efficientarne e renderne intelligente l'esecuzione tramite l'implementazione nelle stesse di dispositivi tecnologici, IoT e di *cloud manufacturing*.
- *Smart Integration*: allontanandosi parzialmente dalle procedure prettamente operative, essa si occupa di tutti i sotto processi concernenti il *Product Lifecycle*, a partire dalla progettazione e sviluppo del nuovo prodotto (*New Product Development*) alla gestione dei rapporti con i fornitori, del rischio e di tempi e metodi. Anche in questo caso le tecnologie a supporto di una trasformazione *Smart* dei processi sono *IoT e Big Data*.

- *Smart Planning*: intesa come l'abilità di gestire dati e informazioni raccolte durante i diversi processi aziendali ed utilizzarle per poter sviluppare piani futuri sempre più avanzati e precisi, per minimizzare gli scostamenti ed il margine di errore dalla realtà dei fatti, anche in ottica di preventiva progettazione di reazione agli eventi futuri di *execution*. Fa riferimento sia alle attività di gestione intelligente del magazzino e della *supply chain* che a quelle di *production e distribution planning*. In questo ultimo caso è necessario l'utilizzo di strumenti con capacità predittiva quali reti neurali e regressioni lineari addestrate sulla base di algoritmi complessi alimentati da *Big Data* interni ed esterni all'azienda ed elaborati grazie all'elevata capacità computazionale.

Sebbene tutti e tre i processi contribuiscano sinergicamente alla realizzazione di una armoniosa *Smart manufacturing*, in realtà gran parte delle applicazioni industriali fanno ad oggi riferimento ad attività di *Smart Execution*. Il primo report dell'*Osservatorio Industria 4.0*, ha censito 43 imprese manifatturiere rilevando in esse 135 diverse applicazioni *Smart* le quali per la maggior parte sono legate alle *Operations*. Al secondo posto si trovano invece quelle relative alla *Smart Integration* mentre è stata rilevata un'importante attuale carenza nell'implementazione di azioni di *Smart Planning*, probabilmente perché considerate consequenziali temporalmente rispetto alle altre due: “Una volta che le tecnologie smart avranno permeato il processo manifatturiero e i sistemi di

condivisione dei dati, l'innovazione delle logiche di pianificazione sarà inevitabile”
(Osservatorio Industria 4.0, 2016).

Anche a livello di tecnologie, in Italia si riscontra ormai una elevata maturità nell'utilizzo dei dispositivi IoT per le attività di *Execution* (controllo, *Asset management, metering* ecc...) e in quelle decisionali dove il verdetto è strettamente correlato all'utilizzo e all'elaborazione di dati e statistiche riguardanti il controllo di processo storicizzato. Al contrario risulta ad oggi difficile un'esecuzione di *Planning* non soltanto per il fatto che ancora non è conoscenza diffusa il come utilizzare concretamente tali dati in maniera predittiva, ma anche perché manca una vera cultura di sviluppo digitale: il 90% delle aziende italiane sono PMI e spesso restie ad investire in *innovazioni organizzative* in campo *IT*. In più *“i dati mostrano che le medie e grandi imprese italiane sono già attive su Industria 4.0, ma emerge l'assenza di una visione strategica, sia a livello di singola impresa sia di Paese. Fare Smart Manufacturing non è adottare questa o quella tecnologia, ma saper ‘orchestrare’ il digitale per trasformare i processi industriali”* (Miragliotta, Responsabile della ricerca dell'Osservatorio Industria 4.0, 2016).

Tuttavia dato che il 20% dell'indotto italiano è costituito da imprese manifatturiere, è auspicabile far crescere la consapevolezza dell'importanza dei principi 4.0 in tali aziende.

Il progetto che coinvolge l'impresa Alfa, operante nel settore manifatturiero serico e della stampa di tessuti per i più grandi marchi di moda, si pone all'avanguardia in

quanto concerne l'implementazione di algoritmi di Intelligenza Artificiale nei processi gestionali ed in particolare al fine di giungere alla previsione sulla merce ordinata da ciascun cliente considerando, nella struttura della regressione lineare che si andrà ad utilizzare in qualità di strumento predittivo, sia variabili interne che esterne al contesto aziendale: ci si trova dunque in tutto e per tutto di fronte ad un caso concreto di applicazione di *Smart Planning*.

Ad ulteriore valore probatorio delle intenzioni avanguardiste dell'impresa, si rammenta la partecipazione della stessa, in partenariato con altre società italiane del settore manifatturiero, università e centri di ricerca, ad un'iniziativa di *Open Innovation* finanziata dall'ente regionale²⁰ per la realizzazione di una fabbrica intelligente tramite l'utilizzo di tecnologie ICT e *Smart CPS* come parti integranti dei processi produttivi e non solo con ruolo di supporto alle *Operations*. Il progetto, a cui ha preso parte anche A3Cube in qualità di consulente esperto in materia, volge non soltanto alla gestione efficace dei dati provenienti dall'intero processo produttivo ma anche all'ottimizzazione della produttività tramite l'implementazione di nuovi dispositivi, tecnologie ed applicazioni *Smart* a costi ridotti e di macchine intelligenti in continua evoluzione quali strumenti di *Smart Planning*.

²⁰ Si è scelto di non specificare la Regione di appartenenza per preservare l'anonimato dell'impresa Alfa.

4.3 L'IMPRESA ALFA

L'impresa Alfa, ubicata nell'Alta Italia, opera dal 1945 nel settore della tessitura serica ed in particolare nella creazione, stampa e distribuzione di stoffe e foulard.

Ad oggi è uno dei più grandi produttori B2B al mondo di tessuti stampati, uniti e tinti in filo, *jacquard* per abbigliamento e fornitore delle maggiori case di moda e del *pret-à-porter*. Crea e commercializza a livello internazionale prodotti confezionati, in particolare accessori uomo e donna come cravatte e sciarpe.

La società, che assume la forma giuridica di società per azioni, è quotata alla Borsa di Milano dal 1989 e dal 2010 fa parte del primo gruppo industriale tessile italiano per fatturato, dipendenti ed espansione internazionale.

Il *core business e competence* restano ancora legate alla lavorazione della seta ma nel tempo si sono sviluppati interesse e capacità nel trattamento di altre fibre naturali, composite e tecnologiche. Il *business model* aziendale è strutturato per lo sviluppo del ciclo completo: dalla fase creativa di disegno e progettazione dei tessuti, fino alla tessitura, tintura, stampa e finissaggio dello stesso.

La produzione annua supera i quattro milioni di metri di tessuto e circa il 70% del fatturato complessivo appartiene all'*export*.

Per quanto riguarda l'impegno nella conformazione ai principi 4.0, la società è membro del *cluster* tecnologico "Comitato Fabbrica Intelligente" che opera in qualità di associazione riconosciuta dal MIUR come "*propulsore della crescita economica sostenibile dei territori dell'intero sistema economico nazionale*" e

include piccole, medie e grandi imprese, università, centri di ricerca, associazioni imprenditoriali e altri *stakeholder* attivi nel settore del manifatturiero avanzato. In tale contesto l'impresa si dimostra aperta e dinamica in termini di innovazione e propositiva a voler sviluppare, insieme con gli altri partner, una strategia nazionale basata sulla R&S e applicazione di tecnologie avanzate a beneficio della competitività del settore manifatturiero a livello internazionale.

4.4 IL PROGETTO: SVILUPPO DI UN SISTEMA PREDITTIVO BASATO SU IA PER L'OTTIMIZZAZIONE DEL MAGAZZINO E DELLA PRODUTTIVITÀ.

4.4.1 La metodologia

Lo scopo del progetto è la realizzazione di un sistema predittivo basato su Intelligenza Artificiale per ottimizzare la programmazione e la gestione del magazzino in funzione della potenziale e futura domanda anche attraverso la classificazione e profilazione dei clienti per migliorare il servizio.

Come precedentemente spiegato, il realizzarsi della possibilità di introduzione ed utilizzo dell'Intelligenza Artificiale nelle procedure e nell'analisi dei dati provenienti dai processi produttivi e di vendita, permette di elaborare in maniera veloce e sempre più accurata non soltanto i dati storici già a disposizione, ma anche quelli che si andranno a generare ed alimentare l'algoritmo, dando origine ad un'analisi aziendale di natura *proattiva* a supporto delle decisioni e dell'azione preventiva.

Attualmente esistono diversi metodi per stimare le vendite potenziali e dunque per organizzare la produzione e il magazzino. Tuttavia tali sistemi si basano sull'analisi dei dati storici ed interni come metri venduti, numero di clienti e condizioni di acquisto ma che tengono conto limitatamente di variabili esterne riguardanti *task environment* e clientela (abitudini, evoluzione dei gusti, volubilità ecc..) o la validità delle caratteristiche del prodotto stesso contestualizzate in uno sfondo macroeconomico e sociale temporalmente sempre più dinamico in cui *l'output* ne è *embedded* e dunque influenzato.

Ricordando ancora una volta che, come affermato da Emilio Billi, la rivoluzione apportata da *Industria 4.0* rispetto a *3.0* non risiede tanto nell'automazione del processo produttivo o nell'elaborazione dei dati rilevati dai sensori per trarne informazioni bensì nello sviluppo di capacità predittiva²¹, il progetto si attesta all'avanguardia nell'aderenza e sviluppo dei principi 4.0. Considerando poi le componenti *proattività*, *capacità di elaborazione di dati non strutturati esterni e proprietari* e volontà nell' *incrementare il livello di interazione dell'azienda con l'ambiente esterno in una visione customer centric*, è possibile affermare che il

²¹ La capacità predittiva di un sistema presuppone la realizzazione di un vero e proprio modello della catena produttiva, un modello logico matematico in grado di mettere in relazione tutte le variabili in gioco correlandone gli effetti che queste possono avere sul prodotto finale. Questo modello diventa un prezioso strumento per lo studio di come le proprietà del prodotto finale possono essere manipolate, migliorate ed ottimizzate in funzione dei vari cicli produttivi coinvolti nella realizzazione del prodotto stesso e di tutte le componenti esterne ed interne che intervengono nel progetto.

lavoro va al di là dell'implementazione di una semplice Business Intelligence per sfociare nel campo dell'*Advanced Business Analytics*.

L'approccio proposto si basa sull'analisi e la correlazione dei dati relativi ai prodotti, al cliente e alla produzione al fine di creare una serie di profilazioni che, concatenate, permettono di ottimizzare la gestione del magazzino e la produzione, di fornire informazioni utili per aumentare e migliorare produttività e *service* oltre alla possibilità di creare nuovi servizi ed offerte a fini innovativi e di fidelizzazione. Ad esempio, la conoscenza dei gusti del cliente, consente di individuare prodotti affini che possono essere proposti in alternativa o in aggiunta al normale ordinato, oppure creare nuovi prodotti con una certa confidenza che possano incontrare il massimo gradimento. In particolare poi, partendo dai dati di *Profiling* relativi a prodotti e clienti, verranno sviluppati specifici algoritmi che andranno a costituire un sistema di tipo "*Recommender*" avanzato con regressione sulla quantificazione del possibile venduto per tipologia di prodotto.

Una caratteristica importante su cui la struttura algoritmica viene costruita è quella di poter implementare progressivamente variabili ricavate da parametri soggettivi normalizzati ovvero tutti quegli indicatori interessanti, rappresentativi e significativi per capire le tendenze di mercato e che non sono legati ad indici di misura oggettivi ma che possono comunque essere ricondotti ad una scala tramite un processo di normalizzazione.

Ad esempio, la reazione da parte dei clienti alla differenziazione in una *feature* del prodotto come ad esempio un nuovo colore di tendenza o un nuovo disegno, può essere utilizzata per calcolare un *rating* generale di gradimento di tale variazione che, a sua volta, verrà utilizzato per alimentare stocasticamente l'algoritmo in modo da poter affinare la precisione della previsione del modello stesso. Questo tipo di approccio dunque, non si basa necessariamente ed esclusivamente su dati e informazioni presenti nello storico ma piuttosto che vengono integrati in maniera stocastica mano a mano che il sistema inizia ad essere utilizzato; inoltre i diversi fattori caratterizzanti la struttura algoritmica possono essere a discrezione esclusi e inclusi *on demand* andando a realizzare un sistema finale molto flessibile.

La possibilità di includere ed escludere le diverse variabili dalla pesatura dell'algoritmo permetterà, attraverso la comparazione dei vari scenari che si andranno a generare, di valutare il relativo costo della predizione rispetto alla realtà per avere un quadro preciso dell'influenza che ogni singola variabile ha sulla capacità predittiva dell'algoritmo stesso e quindi di capire se i parametri scelti sono effettivamente esaustivi e significativi per poi identificare quali sono le principali componenti che caratterizzano le scelte di mercato in un preciso momento.

Come accennato, per portare a regime l'algoritmo sono necessarie una serie di fasi preliminari di studio del prodotto e del cliente che serviranno ad identificare quali sono le componenti effettive da utilizzare come dati in ingresso affinché l'algoritmo funzioni e produca i risultati desiderati.

Partendo dai dati storici quindi, verrà costruito un modello di riferimento su cui la macchina andrà ad apprendere e ricaverà le previsioni future.

Al fine di creare il profilo del gusto della clientela, ovvero di stabilire la relazione che sussiste tra le caratteristiche del prodotto e gli acquisti effettuati dal cliente in passato, si identificano una serie di proprietà comuni chiamate *features* e che in base alle modalità assunte caratterizzano ogni singolo prodotto; esse saranno quindi correlate allo storico di ciascun cliente per singolo tessuto.

4.4.2 L'attività di *Machine Learning*: Regressione lineare vs Rete Neurale

Restando nell'ambito della spiegazione della metodologia e dei modelli applicati da A3Cube nell'implementazione del progetto nell'impresa Alfa, ed avendo chiaro il concetto di *Machine Learning* come strumento di Intelligenza Artificiale che permette all'algoritmo e quindi ai computer di imparare senza essere stati esplicitamente programmati per farlo, è importante osservare che ci sono diverse tecniche di *data mining* utilizzabili in azienda con scopi di *predictive analytics*. Si possono distinguere quattro macro classi di modelli: *Classificazione*, *Regressione*, *Clustering* e *Market basket analysis*.

Mentre i primi due sono di tipo *supervisionato* ovvero forniscono risposte mirate ai quesiti precedentemente posti e per i quali i dati sono stati raccolti, la restante coppia è di tipo *non supervisionato* nel senso che storicamente non si ha una soluzione immediata al quesito a cui si vuole dare risposta: sostanzialmente la

differenza risiede nel modo in cui il problema di *Machine Learning* viene formulato.

Classificazione: viene utilizzata quando si vuole suddividere il database in classi a fini predittivi per rispondere a domande dicotomiche o comunque tra poche alternative multi classe stabilite in precedenza (e.g. “Il cliente X comprerà il tessuto A oppure no?” o “Il cliente x comprerà il tessuto A, B o C?”). Abitualmente essa si basa su espressioni di *Logistic Regression* ed in un certo senso è il meccanismo a fondamento delle *Reti Neurali*

Regressione: appropriata per la stima del valore atteso futuro (e.g. “Il cliente X quanti metri di tessuto A acquisterà?”). È il modello alla base delle *Regressioni Lineari*.

Clustering: si suddivide la base dati dell’azienda in gruppi omogenei al loro interno ed eterogenei rispetto agli altri attraverso la misura della “distanza” delle modalità assunte dalle varie *features*. Si cercano di predire comportamenti simili e risposte a domande del tipo: “quanti e quali sono i gruppi individuabili tra la mia clientela per preferenze, gusti e comportamento di acquisto simili?”.

Market Basket Analysis: è la metodologia maggiormente utilizzata dalle più famose piattaforme *online* e *di e-commerce* come Spotify, Zalando e Amazon per suggerire ai propri clienti cosa acquistare sulla base delle ricerche o degli acquisti storici e dunque in questo caso si eseguono stime e si danno conseguentemente consigli al

cliente del tipo “Siccome in passato hai acquistato il tessuto A, poi il tessuto B, ti potrebbe piacere o i tuoi clienti finali potrebbero essere interessati al tessuto C”.

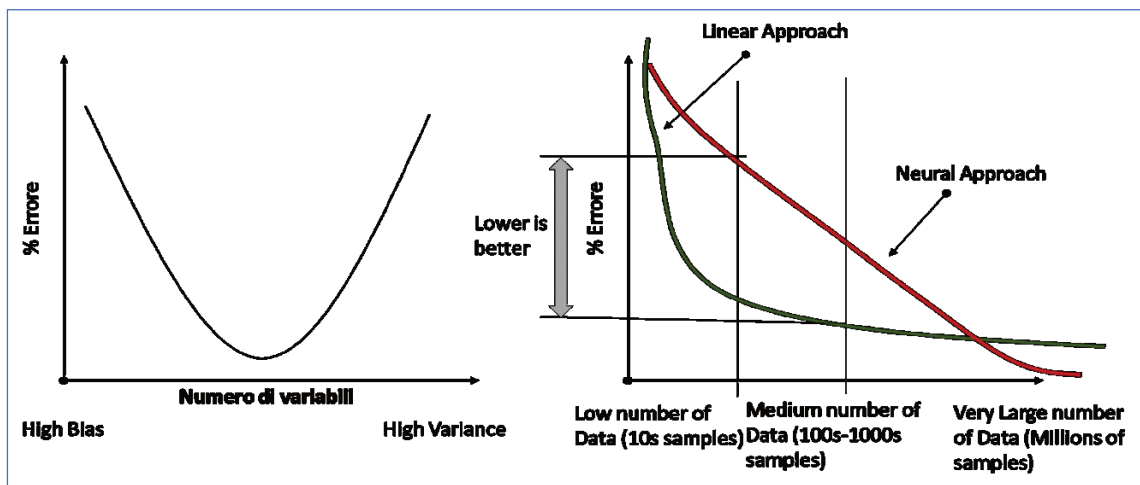
Tenendo a mente l’obiettivo ultimo del progetto di predizione del valore atteso della domanda futura per il calcolo del *Reorder point* e la progettazione di una produzione in ottica 4.0, si intuisce come sia il modello basato sul *Clustering* che sulla *Market Basket Analysis* non siano appropriati.

Nella specifica scelta tra *Classificazione tramite Rete Neurale* e *Regressione* poi, si è optato per l’adozione di un modello di *Regressione lineare multivariata predittiva* piuttosto che di una *Deep neural network*. Infatti, sebbene ad oggi la rete neurale “vada di moda” e per questo si pensa essere la soluzione più adatta ed efficiente ad ogni *problema di Big Data* risolvibile con strumenti di Intelligenza Artificiale, in realtà un modello lineare di tipo $h_{\theta}(x) = \theta^t X$, come quello su cui si basano i differenti sotto algoritmi che compongono l’algoritmo previsionale completo del progetto finale, garantisce una predizione molto più alta e un apprendimento stocastico automatico in presenza di un limitato numero di dati rispetto ad una rete neurale addestrata per uno scopo equivalente ma che per essere più efficiente va alimentata con una mole di dati esponenzialmente maggiore (e.g. *Big Data* provenienti da *social network*, dal flusso continuo di produzione, da piattaforme *online*). La Figura 4.4 mostra la variazione del margine di errore percentuale sulla predizione in funzione del numero delle variabili utilizzate.

L'obiettivo (a sinistra) è quello di trovare il giusto modello per il numero di variabili che minimizzi la percentuale di errore, nell'equilibrio tra diminuzione di *bias* e aumento della varianza: statisticamente aggiungendo nuove variabili ad un modello il margine di errore diminuisce ma una volta raggiunto il minimo ricomincia a crescere andando in *over-fitting*. A destra viene invece mostrato come per un basso o medio numero di dati a disposizione il margine di errore percentuale si mostra, a parità di condizioni, più elevato con un approccio neurale rispetto a quello lineare allorché il primo risulta essere più efficiente e dotato di una potenza stimatrice che sfiora la perfezione (% di errore ≈ 0) per un numero di dati molto elevato con basi di campionamento intorno all'ordine dei milioni. Si ricorda che i meccanismi di Intelligenza Artificiale sono volti alla riduzione del margine di errore tra predizione e realtà senza essere in grado di fare ragionamenti ma piuttosto apprendendo dai dati con cui vengono alimentati. Inoltre, a tale proposito, mentre l'*output* finale dell'algoritmo previsionale basato su un meccanismo di regressione lineare multivariata restituirà un risultato numerico diretto (e.g. quanti metri di stoffa il cliente ordinerà), nel caso della rete neurale questo deve essere dedotto sulla base della ricerca del nodo di *output* che contiene la corretta soluzione al quesito. È come se le diverse variabili inserite in ciascun nodo di *input* venissero ponderate e combinate nella rete neurale con diversi pesi *random* e alla fine ciascuna combinazione (similmente a tante regressioni randomiche logistiche) assumesse nei nodi di *output* un valore tra 0 (se il modello non è affatto buono) e 1 (il modello

stima perfettamente la realtà): a questo punto si andrà a prendere per buona la combinazione di variabili ponderate (ed il relativo risultato previsionale stimato) il quale corrispondente nodo di *output* si avvicina maggiormente a 1.

Figura 4.4: Confronto di efficienza in termini di minor errore % tra approccio lineare e neurale



Fonte: Elaborazione propria

4.5 IL PIANO DI LAVORO: L'IMPLEMENTAZIONE DEL MECCANISMO DI IA STEP BY STEP

L'implementazione del progetto nei processi aziendali dell'impresa Alfa si sviluppa secondo le seguenti fasi di realizzazione (Tabella 4.1):

Tabella 4.1: Fasi di realizzazione del progetto Alfa

FASE 0	PREPARAZIONE DEI DATI
FASE 1	COSTRUZIONE DELL'ALGORITMO DI "PROFILING"
FASE 1.1	VALUTAZIONE DEI PRODOTTI AFFINI
FASE 1.2	TRAINING-> TEST-> VALIDAZIONE
FASE 2	COSTRUZIONE DELL'ALGORITMO FINALE "RECOMMENDER"
FASE 2.1	TRAINING->TEST->VALIDAZIONE
FASE 3	CALCOLO DEL REORDER POINT

Fonte: Elaborazione propria

Considerata la complessità del progetto, si stima tuttavia che prima che l'algoritmo finale di predizione entri pienamente a regime saranno necessari circa 4 anni di apprendimento.

4.5.0 FASE 0: Preparazione dei dati

Nella *Fase 0*, propedeutica a tutte le altre, lo scopo è sostanzialmente quello di individuare le variabili da utilizzare ovvero le *features* chiave del prodotto che caratterizzano l'identità dei tessuti e la relativa scelta da parte del cliente. In particolare si necessitano di due tipi di variabili, entrambe estrapolate dal database ERP storico aziendale e denominate le une "oggettive" e le altre "soggettive". La prima categoria fa riferimento a tutte quelle caratteristiche appunto oggettive del prodotto in quanto vanno ad identificarlo per quello che sostanzialmente e fisicamente è nella sua funzione d'uso (Colore, Materiale, Dimensioni ecc..) in modo tale da creare una struttura di dati dove è possibile associare ad ogni articolo le relative *principal components* che andranno a costituire le variabili indipendenti $X_1, X_2 \dots X_j$ della regressione lineare multivariata alla base dell'algoritmo di *Profiling* (*Fase 1*). È bene notare che tali variabili devono essere omogenee nel senso che vengono considerate quelle valide per caratterizzare indistintamente tutti i tessuti dell'impresa i quali verranno poi discriminati sulla base delle differenti modalità assunte di volta in volta dalle *product features* di base che, in caso siano di tipo qualitativo, subiranno un processo di normalizzazione ovvero di quantificazione delle modalità presentate da ciascuna variabile indipendente per essere facilmente

codificabili dalla macchina. Con la seconda categoria di variabili “soggettive” si ricava un indice di *rating* cliente/articolo preliminare sulla base del quale, sfruttando le variabili precedentemente identificate, si vanno a stabilire i coefficienti di regressione parziali $\theta_1, \theta_2 \dots \theta_j$ ovvero la ponderazione di ciascuna variabile oggettiva secondo l’importanza che questa ricopre nella scelta di acquisto del particolare cliente. Esse si basano essenzialmente sulle specifiche del cliente ed il relativo storico ordinato da un punto di vista sia qualitativo che quantitativo (Cliente, Articolo, Ordinato, Acquistato, Disdetto ecc...): tali dati sono raccolti anche al fine di stilare un indice (*White and Black List*) di affidabilità e serietà dei diversi clienti che andrà ad essere inserito e ponderato, in qualità di coefficiente di regressione parziale, nell’algoritmo predittivo “*Recommender*”. Infine una terza parte è costituita successivamente dall’acquisizione di dati esterni all’ERP, non strutturati o proprietari che serviranno per capire il posizionamento del prodotto nel mercato e nel contesto in cui è *embedded*, sia da un punto di vista macro che micro (tendenze moda, competitors ecc...).

I dati raccolti in questa parte preliminare di profilazione verranno quindi sfruttati per comprendere la relazione tra *features* del prodotto e interesse del cliente e per generare altri dati che saranno utilizzati dal modello previsionale vero e proprio nella quantificazione finale del possibile venduto per tipologia di prodotto.

Per il compimento della *Fase 0*, ci si è recati in azienda Alfa ai fini della diretta consultazione del database focalizzandosi sull'individuazione e la raccolta dei dati interni necessari alla costruzione dell'algoritmo di *Profiling*.

Essi sono interamente contenuti in uno stesso ERP (AS/400 IBM) ed in particolare si fa riferimento al database "Anagrafica Tessuti" per l'individuazione delle *key-features* relative alla profilazione del particolare tessuto (*Fase 0* - parte oggettiva) e al database "Anagrafica Clienti" per quanto riguarda la profilazione del cliente rispetto allo storico degli ordini effettuati (*Fase 0* - parte soggettiva).

Anagrafica tessuti/tessuteca: vengono individuate tre misure aggregate per il riconoscimento e la distinzione di un tipo di tessuto da un altro:

- *Cod. Articolo portante:* dal codice si comprende il tipo di tessuto/fibra utilizzato (e.g.: CO=cotone, VIC=viscosa ecc...) e ad esso si collegano tutti gli altri attributi come l'origine del tessuto (abituamente la seta greggia quale fibra dominante per il business di Alfa proviene dalla Cina ma in casi di particolare urgenza e fabbisogno il fornitore può essere italiano), il peso (importante per la destinazione d'uso), l'armatura, il colore (e.g. per la seta può essere neutro o bianco ottico), la provenienza (si utilizzano gli *ISOcodes*).

Si nota che a volte un tessuto con le medesime caratteristiche può assumere un codice differente per il fatto che esso viene prodotto in stabilimenti differenti (sede italiana o rumena) e tale parametro è indice di discriminazione in quanto alcuni clienti richiedono esplicitamente che il tessuto sia prodotto in Italia

- *Altezza*: si intende la larghezza del tessuto
- *Operato*: stato dell'opera della lavorazione, in quale fase di una sequenza di operazioni si trova ed ogni tessuto ha il suo identificativo di operato (variabile valutata non influente ai fini della costruzione dell'algoritmo)

Si stima che il numero di *product features influenti* sia inferiore o uguale a 10 ($|R| \leq 10$).

Anagrafica Clienti: l'organigramma di Alfa assume una struttura organizzativa di tipo multidivisionale. In particolare essa si articola in diverse divisioni: lusso, *collection*, *carnet* (si rivolge alla domanda di clienti molto piccoli che vengono profilati per area geografica), studio (licenze e *private label*) e arredamento le quali a loro volta si articolano in sotto-divisioni operative. Anche l'anagrafica clienti è quindi divisionale in quanto questi vengono identificati con denominazioni diverse a seconda della o delle divisioni operative con cui si relazionano per poi confluire nell'unico gestionale centrale amministrativo dove i contatti sono omogeneizzati e puliti.

Da notare inoltre che a volte a fare l'ordine non è lo stilista ma bensì il confezionista che si pone quindi come intermediario tra l'azienda e il cliente *business* finale.

Anche il **prezzo** è considerato una variabile chiave per la descrizione del tessuto e quindi per la determinazione del *rating*, tuttavia esso può variare in base al cliente, al tipo di commessa e soprattutto secondo le fluttuazioni del costo della materia prima utilizzata/importata.

4.5.1 FASE 1: Costruzione dell' algoritmo²² di "Profiling"


Anche il processo di profilazione non costituisce il fine ultimo dell' algoritmo ma realizza una parte del motore interno propedeutica allo scopo previsionale finale. Esso svolge un ruolo chiave nella concatenazione dell' algoritmo in quanto permette di mettere in relazione le variabili oggettive e soggettive raccolte nella *Fase 0* prima, e derivanti progressivamente dai dati reali degli ordini arrivati poi dopo la previsione: si attiva in questo modo per la macchina un *Recursive Cycle* di *Self Learning* al fine di effettuare stime sempre più efficienti grazie ad una continua alimentazione e *training* stocastico dell' algoritmo stesso di *Profiling*. In particolare, il compito della regressione lineare multivariata della *Fase 1* è quello di costruire una *Matrice di struttura dell' algoritmo* come quella in Tabella 4.2. Ad ogni Tessuto (T) (la quale numerazione 1,2...n è in realtà sostituita dalla denominazione aziendale data al particolare tipo di prodotto) è associato un indice di gradimento (R) da parte di ciascun cliente acquirente (C) e stabilito sulla base del risultato numerico fornito dal modello dell' algoritmo di *Profiling* alimentato di volta in volta con le modalità normalizzate assunte dalle *product features* per i diversi clienti e rispettivamente ponderate con i relativi pesi attribuiti a ciascuna da ogni singolo cliente acquirente.

²² Le equazioni degli algoritmi oggetto di questa e della successiva *Fase 2* vengono presentate in *forma ridotta* al fine di tutelare la proprietà intellettuale aziendale. In particolare è stata omessa il passaggio puramente matematico relativo ai calcoli che rendono l' algoritmo stocastico (ovvero aggiornato in Real Time) piuttosto che soggetto ad un *Batch Processing*.

Ad esempio R-C(2)T3 vuol dire che il Cliente 2 sul Tessuto 3 ha indice di gradimento R, dove R rappresenta la variabile dipendente output della regressione lineare multivariata al quale verrà associato un numero da 0 a 10.

Anche il *Rating* è dunque basato sugli acquisti pregressi e automaticamente aggiornato grazie alla continua acquisizione di dati nuovi relativi al cliente.

Tabella 4.2: Matrice di struttura dell' algoritmo di Profiling



Products	Client(1)	Client(2)	Client(3)	Client(n)	Product Features
Tessuto 1	R-C(1)T1	R-C(2)T1	R-C(2)T1		R-C(n)T1	(x ₁) ¹ (x ₂) ¹ (x _j) ¹
Tessuto 2	R-C(1)T2	R-C(2)T2	R-C(2)T2		R-C(n)T2	(x ₁) ² (x ₂) ² (x _j) ²
Tessuto 3	R-C(1)T3	R-C(2)T3	R-C(2)T3		R-C(n)T3	(x ₁) ³ (x ₂) ³ (x _j) ³
...
Tessuto i	R-C(1)Ti	R-C(2)Ti	R-C(2)Ti		R-C(n)Ti	(x ₁) ⁱ (x ₂) ⁱ (x _j) ⁱ
...
Tessuto m	R-C(1)Tm	R-C(2)Tm	R-C(2)Tm		R-C(n)Tm	(x ₁) ^m (x ₂) ^m (x _j) ^m

Fonte: Billi, 2019

L' algoritmo di *Profiling* è:

$$\mathbf{R-C(K)TJ} = \theta_0 + x_1\theta_1 + x_2\theta_2 + \dots + x_j\theta_j \quad (1)$$

Matematicamente, si può scrivere l' equazione di regressione del modello come:

$$\mathbf{R-C(K)TJ} = \boldsymbol{\theta}_K^T(\mathbf{X}) \quad (2)$$

Dove: [23]

R-C(K)TJ = Rating del cliente K sul tessuto J

θ_K^T = Vettore trasposto contenente la parte “soggettiva” dei dati raccolti nella *Fase*

0 - Anagrafica e gusti cliente K (e.g. il peso che da il cliente K alla variabile “Colore” in generale).

(X) = Vettore contenente la parte “oggettiva” dei dati raccolti nella *Fase* 0 - Tessuteca, *Product Features* $X_j[x_1, x_2 \dots x_j]$.

Si vuole rimarcare il fatto di come le variabili caratterizzanti, a livello qualitativo sono omogenee e rispettano sempre lo stesso ordine ed etichettatura (e.g. X_1 farà sempre riferimento alla variabile indipendente “Cod. Articolo”, X_2 al “Colore” ecc...) per poi assumere differenti valori quantitativi normalizzati in base alle diverse modalità oggettive o soggettive presentate (e.g. $(X_2)^1 = \text{product feature}$ “Colore” per il cliente 1, $(X_2)^2 = \text{product feature}$ “Colore” per il cliente 2 ecc...).

Ad esempio il colore della seta può essere neutro o bianco ottico: a questo punto la variabile X_2 corrispondente al “Colore” potrà assumere valore 1 se la modalità presentata è “neutro” o 2 nel caso “bianco ottico”.

²³ Ciò significa che esso è assimilabile al prodotto scalare di due vettori, il vettore θ , detto vettore peso, e il vettore X , detto vettore caratteristica. Il termine T indica che il vettore θ è trasposto. Il prodotto del vettore θ trasposto per il vettore caratteristica ci da, per definizione di prodotto matriciale, l'equazione del modello (1). In altre parole, scrivere l'equazione (2) è un modo più compatto per scrivere l'equazione (1).

La matrice relazionale di profilazione cliente-prodotto (Tabella 4.2) output della *Fase 1*, permette di capire in via preliminare su quale prodotto potrebbe orientarsi per gli acquisti futuri il cliente e tale opportunità viene resa possibile grazie alla caratteristica unica dell' algoritmo proposto in questo e nello *step* successivo predittivo, di essere stato realizzato e predisposto per una costante pesatura di tipo stocastico dei suoi parametri decisionali che consentirà all' algoritmo stesso di auto-apprendere in *real time* all'evolversi delle situazioni di contesto e dei *recursive orders* attraverso la mole di dati con cui verrà alimentato ed alla capacità di elaborarli in un tempo predittivo utile grazie alla disponibilità di sufficiente *computational power*.

A questo punto, soltanto le combinazioni cliente-prodotto nelle quali verrà riscontrato un indice di gradimento abbastanza elevato, ovvero che eccedono la soglia di *Rating* prestabilita dall'azienda (in media $R-C(K)TJ \geq 6/7$), verranno ammesse alla *Fase 2* ovvero saranno oggetto di predizione nel successivo algoritmo "*Recommender*". Anche tale procedura di "scrematura", quale punto di incontro tra i due tipi di algoritmo (*Profiling* e *Recommender*) sotto forma di interdipendenza logica, avviene in modo del tutto automatico attraverso l'interrogazione/estrazione per chiavi di valore SQL dal database.

Una volta spiegata la struttura del modello di regressione, bisogna tenere a mente che lo scopo è quello di individuare i valori del vettore θ che meglio descrivono²⁴ i valori di *Rating* all'interno della matrice relazionale.

La determinazione di tali coefficienti avviene servendosi del *Metodo della discesa del gradiente o Gradient Descent*²⁵, utilizzato in statistica per determinare il massimo o il minimo di una funzione a n variabili. In questo caso ci si trova di fronte ad un problema di minimizzazione della funzione di costo $J(\theta)$ ovvero della somma degli errori residui della stima nei valori dei coefficienti dalla realtà. Tale operazione comincia attribuendo valori casuali di *input* per ciascun coefficiente e calcolando la somma dell'errore quadratico per ogni coppia di valori di *input* e *output*.

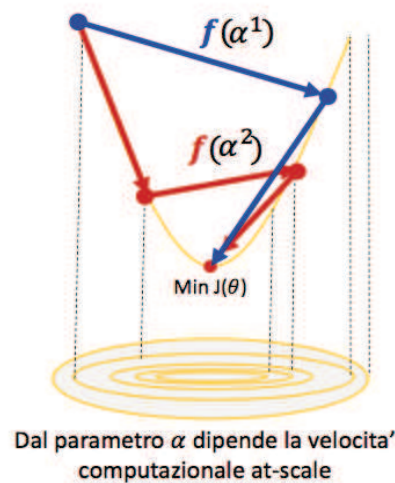
Il parametro α nella Figura 4.5 è il tasso di apprendimento (*Learning rate*): esso rappresenta la velocità dell'apprendimento, determina la dimensione della fase di miglioramento da intraprendere ad ogni iterazione della procedura e viene quindi utilizzato come fattore di scala in modo che i coefficienti vengano aggiornati nella direzione verso la riduzione al minimo errore.

²⁴ Ci si trova ancora nella fase *Descrittiva* del progetto per poi passare al modello *Predittivo* nel quale, benché si ispiri alla medesima architettura algoritmica, il valore dell'informazione estraibile dalla previsione è decisamente maggiore (rif *Figura 2.3*) e scopo finale del lavoro.

²⁵ Il metodo è stato pubblicato nel 1847 dal matematico francese Augustin Cauchy, che lo impiegò per misurare l'orbita di un corpo celeste a partire dalle sue equazioni di moto. Per maggiori approfondimenti si rinvia alla letteratura sul tema.

Il processo di discesa del gradiente viene quindi ripetuto fino a quando non si raggiunge un errore di somma minima o non è possibile ottenere un ulteriore miglioramento.

Figura 4.5: Determinazione del fattore α con il metodo del "Gradient descent"



Fonte: Billi, 2019

Matematicamente,

Per ogni cliente e articolo *rated* definito come $i: r(i, j)=1$ e posto $J(\theta)$ =costo della funzione $\theta_k^T(X)$, deriva:

$$\min_{\theta_k^j} = \frac{1}{2mj} \sum_{i:r(i,j)=1} (\theta_k^T(X)^i - y^{i,j})^2 + \frac{\epsilon}{2N} \sum_{k=1}^N (\theta_k^j)^2$$

Scostamento della stima di θ dalla realtà

Fattore di normalizzazione

Da cui si ricava derivando e risolvendo rispetto a θ :

$$\theta_1; \theta_2; \theta_3; \dots \theta_j: \frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j} = \frac{\partial \left(\frac{1}{2m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m (\theta_k^T(X)^i - y^{i,j})^2 + \frac{\epsilon}{2N} \sum_{k=1}^N (\theta_k^j)^2 \right)}{\partial \theta_j} = 0$$

$$\begin{aligned} \theta_0 &= \theta_0 - \alpha \left(\frac{1}{m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m \overbrace{(\theta_k^T(X)^i - y^{i,j}) x_k^i}^{\frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j} = \text{with normalizzatore}} \right) \\ \theta_1 &= \theta_1 - \alpha \left(\frac{1}{m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m \overbrace{(\theta_k^T(X)^i - y^{i,j}) x_k^i + \epsilon \theta_k^i}^{\frac{\partial J(\theta)}{\partial \theta_j}} \right) \\ \theta_2 &= \theta_2 - \alpha \left(\frac{1}{m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m (\theta_k^T(X)^i - y^{i,j}) x_k^i + \epsilon \theta_k^i \right) \\ &\dots \\ \theta_n &= \theta_n - \alpha \left(\frac{1}{m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m (\theta_k^T(X)^i - y^{i,j}) x_k^i + \epsilon \theta_k^i \right) \end{aligned}$$

[26]

4.5.1.1 FASE 1.1: Valutazione dei prodotti affini

Considerando l'algoritmo di *Profiling* in quanto tale, prescindendo quindi dalla sua propedeuticità allo scopo previsionale finale, esso si rivela di strategica importanza ed utilità in chiave di *Customer Relationship Management*. Grazie infatti ad un'attenta e precisa profilazione dell'acquirente in rapporto ai diversi tessuti acquistati sulla base dello storico e del processo di aggiornamento stocastico, per

²⁶ *Repeat until converge* = il processo di discesa del gradiente viene ripetuto finché le stime si rivelano corrette ovvero quando ad esempio $\theta_0 = \theta_0$ e dunque quando la derivata si annulla assumendo valore zero.

l'azienda Alfa diventa possibile sia consigliare prodotti che, con una certa confidenza, potrebbero essere di gradimento del cliente ma che non ha mai considerato sia andare a creare nuovi prodotti che possano massimizzare l'apprezzamento per il singolo, per un gruppo o per l'intero pacchetto clienti anche in ottica di efficientamento dell'attività di *Key Account Management*.

Il meccanismo dietro a questa fase che si colloca a metà tra descrizione e predizione può essere ricondotto, a livello di output ottenuto, alla *Market Basket Analysis*.

In particolare, si utilizza il metodo della minima distanza geometrica cartesiana calcolata sulle *features* $x_1 \dots x_j$ (della *Fase I*) di ciascuna possibile combinazione di coppie di tessuti, come criterio di confronto per la valutazione dei tessuti affini: quanto minore è la distanza tanto più i prodotti si equivalgono, e viceversa.

Quindi, ad esempio, dato il tessuto T1 a cui sono associate le *features* $x_1, x_2, x_3, \dots, x_j$ si ottiene:

$$D(T1; T2) = \sqrt{(x_{1T1} - x_{1T2})^2 + (x_{2T1} - x_{2T2})^2 + \dots + (x_{jT1} - x_{jT2})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^j (x_{iT1} - x_{iT2})^2}$$

$$D(T1; T3) = \sqrt{(x_{1T1} - x_{1T3})^2 + (x_{2T1} - x_{2T3})^2 + \dots + (x_{jT1} - x_{jT3})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^j (x_{iT1} - x_{iT3})^2}$$

[...]

$$D(T1; Tm) = \sqrt{(x_{1T1} - x_{1Tm})^2 + (x_{2T1} - x_{2Tm})^2 + \dots + (x_{jT1} - x_{jTm})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^j (x_{iT1} - x_{iTm})^2}$$

Una volta calcolate tutte le possibili distanze per una data stoffa (ad esempio T1), si va ad individuare quella (o quelle) minima(e) che determinerà la maggiore affinità tra coppie di tessuto: $\min [D (T1; T2) \dots D (T1; Tm)]$.

Infine, associando il *Rating* del tessuto già acquistato dal cliente al tessuto valutato come affine (e che quindi verrà suggerito al cliente), sarà possibile tenere conto di quest'ultimo anche nella *Fase 2* di predizione.

4.5.1.2 FASE 1.2: *Training*→*Test*→*Validazione*

Le operazioni di *Training*, *Test* e *Validazione* del modello non danno vita ad una fase a sé stante ma piuttosto costituiscono la spiegazione di come avviene a livello operativo il processo di distribuzione ed organizzazione della base dati durante la *Fase 1* di costruzione dell'algoritmo di *Profiling*.

Le stesse procedure si rendono valide e verranno ripetute nella stessa identica maniera durante la *Fase 2.1* sulla quale dunque non si ritiene opportuno soffermarsi ulteriormente.

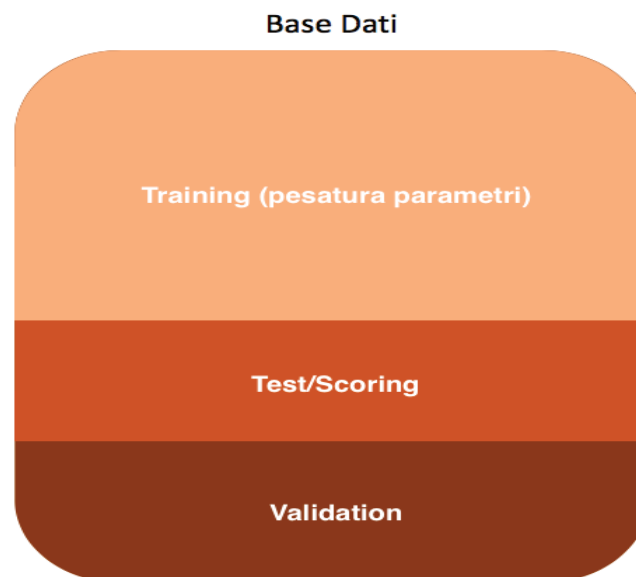
Come mostrato in Figura 4.6, si prende a riferimento il database utilizzato nella *Fase 1*, frutto della raccolta della *Fase 0* e lo si divide in tre parti:

$\frac{1}{2}$ sarà utilizzato per primo a fini di *training* e dunque dato in pasto all'algoritmo di *Profiling* (e *Recommender* in 2.1) in modo da farlo apprendere tramite il meccanismo di *Machine Learning* per la pesatura dei parametri θ (π in 2.1)

$\frac{1}{4}$ a verifica se la fase precedente è andata a buon fine o meglio se l'algoritmo di *Profiling* prima e quello *Recommender/Predittivo* poi, effettivamente funzionano anche alimentandoli con nuovi e diversi dati per poi eventualmente calcolarne l'errore ed eseguirne il *tuning* finale

$\frac{1}{4}$ ad ulteriore prova dove viene utilizzata la parte restante del database, magari proveniente da uno specifico e diverso istante temporale, per vedere se l'algoritmo di *Profiling* prima e quello *Recommender/Predittivo* poi, funzionano ugualmente.

Figura 4.6: FASE 1.2/2.1 - Training → Test → Validazione dell'algoritmo



Fonte: Elaborazione propria

4.5.2 FASE 2: Costruzione dell'algoritmo finale "Recommender"

Una volta validato l'algoritmo descrittivo di *Profiling* e selezionati i *matching* cliente-prodotto rilevanti, si passa alla fase predittiva, o meglio prescrittiva, vera e propria. Come accennato nel corso dei precedenti paragrafi, viene quantificato (in metri) il possibile venduto per tipologia di prodotto al fine della stima del *Reorder Point* e per mezzo di una regressione lineare multivariata.

Quest'ultima, utilizzata quale tecnica di *predictive analysis* grazie all'integrazione ed aggiornamento stocastico di dati esterni all'ERP indicizzati ai parametri di mercato e del cliente, strutturalmente non si discosta da quella implementata nella *Fase I* ma il valore estraibile dall'informazione è ora di altissimo livello.

L'algoritmo finale "*Recommender*" è:

$$\mathbf{P-C(K)TJ} = \boldsymbol{\pi}_K^T(\mathbf{X})$$

Dove:

$\mathbf{P-C(K)TJ}$ = Predizione su quantitativo in metri di tessuto J ordinato dal cliente K

$\boldsymbol{\pi}_K^T$ = Vettore trasposto contenente il peso (coefficienti di regressione parziali) che ognuna delle variabili indipendenti (\mathbf{X}) identificate rappresenta per il cliente.

(\mathbf{X}) = Vettore contenente le *Product Features* $X_j[x_1, x_2 \dots x_j]$ (ora anche *esterne*) normalizzate tra le quali si trovano: Quantità di prodotto nei vari ordini storici, Indice di affidabilità del cliente²⁷, Colore di tendenza, Indici macro economici, Reazione alla variazione del prezzo rispetto all'ordine precedente.

Al fine di individuare i valori del vettore $\boldsymbol{\pi}$ che meglio predicono i metri di tessuto ordinati del tessuto J dal cliente K, si utilizza la stessa tecnica di *Gradient Descent* della *Fase I*, ora per la minimizzazione della funzione di costo $\mathbf{J}(\boldsymbol{\pi})$.

²⁷ Fa riferimento alla *White and Black list* stilata con i dati raccolti nella *Fase 0* (e stocasticamente aggiornati) e calcolando la differenza, per ciascuna commessa, tra il quantitativo preventivato e quello effettivamente ordinato dal cliente (e.g. se su 100 metri di stoffa in preventivo, alla fine il cliente ne ordina effettivamente 30, l'indice di affidabilità del cliente per quell'ordine sarà del 30%).

Matematicamente,

Per ogni cliente e per ogni articolo *rated* (definito come $i: r(i,j) = 1$) e posto

$J(\boldsymbol{\pi})$ =costo della funzione $\pi_k^T(X)$ predittiva in relazione al *rating* dedotto

R-C(K)TJ, deriva:

$$\min_{\pi_j^k} = \frac{1}{2m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m (\pi_k^T(X)^i - y^{i,j})^2 + \frac{\varepsilon}{2N} \sum_{k=1}^N (\pi_k^j)^2$$

Scostamento della ^[28]
previsione di $\boldsymbol{\pi}$ dalla
realtà

Fattore di
normalizzazione

Da cui si ricava derivando e risolvendo rispetto a $\boldsymbol{\pi}$:

$$\pi_1; \pi_2; \pi_3; \dots; \pi_j: \frac{\partial J(\boldsymbol{\pi})}{\partial \pi_j} = \frac{\partial \left(\frac{1}{2m^j} \sum_{i:r(i,j)=1}^m (\pi_k^T(X)^i - y^{i,j})^2 + \frac{\varepsilon}{2N} \sum_{k=1}^N (\pi_k^j)^2 \right)}{\partial \pi_j} = 0$$

Il processo di discesa del gradiente viene poi “ciclato” fino a convergenza ovvero quando ad esempio $\pi_1 = \pi_1$ e dunque quando la derivata si annulla assumendo valore zero.

L’*output* della *Fase 2* predittiva sarà anche in questo caso una matrice relazionale come quella rappresentata in Tabella 4.3 dove ad ogni tessuto (T) viene associata la corrispondente quantità di metri potenzialmente ordinati (P) da ciascun cliente

²⁸ Mentre nel primo algoritmo di *Profiling* lo scostamento tra stima e realtà e dunque la ponderazione di θ si basavano sui valori assunti da R-C(K)TJ in termini di Rating, ora lo scostamento dalla predizione e la ponderazione di $\boldsymbol{\pi}$ fanno riferimento ai valori assunti da P-C(K)TJ prendendo come unità di misura i metri di tessuto.

acquirente (C) secondo quanto predetto dagli algoritmi *Recommender*, stocasticamente alimentati e quindi aggiornati.

La somma orizzontale di ciascuna riga restituirà finalmente la predizione totale della quantità ordinata per tessuto da prendere in considerazione per il calcolo del *Reorder Point*.

Tabella 4.3: Matrice di struttura dell'algoritmo *Recommender*

Products	Client(1)	Client(2)	Client(3)	Client(n)
Tessuto 1	P-C(1)T1	P-C(2)T1	P-C(2)T1		P-C(n)T1
Tessuto 2	P-C(1)T2	P-C(2)T2	P-C(2)T2		P-C(n)T2
Tessuto 3	P-C(1)T3	P-C(2)T3	P-C(2)T3		P-C(n)T3
...
Tessuto i	P-C(1)Ti	P-C(2)Ti	P-C(2)Ti		P-C(n)Ti
...
Tessuto m	P-C(1)Tm	P-C(2)Tm	P-C(2)Tm		P-C(n)Tm

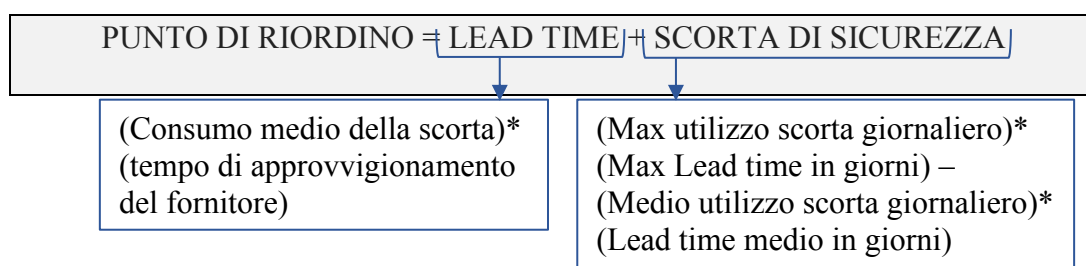
Fonte: Billi, 2019

4.5.3 FASE 3: Calcolo del *Reorder Point*

Il calcolo del *Reorder Point*, inteso come livello di magazzino in cui è necessario ordinare il “lotto economico di acquisto” per evitare di rimanere senza scorte, rientra nell’attività aziendale di “Pianificazione del livello dei materiali” a sua volta determinata dalle funzioni di “Pianificazione dell’approvvigionamento” e “Previsione della domanda”. Le tre rappresentano inoltre i principali processi dell’Area Scorte il quale compito è appunto di programmare la giacenza e il trasferimento dei materiali tra i vari nodi della logistica aziendale.

Nell'ambito del progetto, il calcolo del *Reorder point* verrà effettuato ed aggiornato direttamente ed automaticamente dall'impresa Alfa, inserendo le previsioni sui quantitativi ordinati per tessuto (*output* della *Fase 2*) nel proprio sistema integrato di gestione degli ordini e della produzione operante sulla base di *Cyber Physical System* per la condivisione automatizzata delle informazioni in modo conforme ai principi di *Industrie 4.0* e *Lean Automation* precedentemente esposti.

Essendo questa fase svolta sotto il controllo dell'impresa stessa, ci si limita a fornire la formula *del Reorder Point*²⁹ al fine di mostrare dove va ad inserirsi lo scopo del progetto implementato da A3Cube il quale tuttavia non consente soltanto di ottimizzare la procedura ed il lotto economico d'acquisto, ma piuttosto si prefigge di *making things that make the old things obsolete*.



Come intuibile, la stima³⁰ precisa e aggiornata in *Real Time* della quantità ordinata da ogni cliente per ciascun tessuto permette di “giocare d’anticipo” in particolare sui fattori direttamente determinati dalla domanda quali il consumo medio della

²⁹ Per ulteriori approfondimenti si rimanda alla letteratura sul tema.

³⁰ L’arco temporale della previsione dipenderà dal periodo di riferimento dei dati con cui l’algoritmo è alimentato. Ad esempio se i dati sono trimestrali anche la previsione sarà trimestrale. L’arco temporale scelto per l’impresa Alfa è trimestrale.

scorta e il Max/Medio utilizzo scorta giornaliero benché in realtà ne giovi, in maniera più o meno esplicita, tutto il macro-processo logistico. Si pensi ad esempio al contributo per lo sviluppo del potere contrattuale dell'impresa nei confronti dei fornitori, volto anche alla realizzazione di una *Integrated Supply Chain*.

4.6 L'IMPLEMENTAZIONE DELL'IA IN TERMINI DI SURPLUS: LA CATENA DEL VALORE DI PORTER ED IL CALCOLO DEL VAN

Componente della definizione di quarta rivoluzione industriale presa a riferimento lungo tutto il corso dell'elaborato³¹ sono le *Conseguenze che ne derivano per la creazione di valore*.

A tal proposito, l'ultimo aspetto che si intende affrontare è un'analisi *costi-benefici* tratti dall'impresa Alfa nell'implementazione del progetto.

In particolare ci si pone la questione nei termini della quantificazione empirica e stimata del valore aggiunto apportato da A3Cube ed in generale dall'adozione degli strumenti di *business analytics* nei processi aziendali, primari e di supporto, componenti la *Catena del valore di Porter* (Figura 4.7).

L'impresa Alfa rappresenta un'eccellenza italiana e fa parte di quel 19% di imprese *Pioneers* che hanno capito l'IA e che sono disposte ad investire capitali umani e finanziari sia a breve che a lungo termine per l'integrazione della stessa nei propri prodotti e processi. Tuttavia il progetto, configurandosi come spinta attività di R&S,

³¹ Cfr Paragrafo 1.1

non può essere considerato a costo e né tantomeno a rischio zero. Tali oneri possono essere pressoché integralmente imputati all'attività di supporto “*Sviluppo della tecnologia*” e si distinguono in monetari e non monetari, per un totale di 230.000 euro. In particolare, per oneri non monetari si intende il costo-opportunità in termini di tempo e rischio: la messa a regime degli algoritmi infatti richiede non soltanto costanza ed impegno degli analisti nell'estrarre dal database aziendale e nel fornire in maniera tempestiva ed esaustiva i dati richiesti da A3Cube, ma anche di supportare una dose di incertezza sullo stesso realizzarsi delle previsioni effettuate. Infatti, prima che l'algoritmo entri pienamente a regime sono richiesti 4 anni, senza sottovalutare la probabilità che le *features* interne ed esterne individuate in prima battuta non siano realmente quelle chiave per l'identificazione e la scelta del tessuto da parte del cliente e che dunque dovranno essere aggiustate strada facendo.

Tuttavia, a fronte degli ingenti investimenti richiesti in termini di R&S, i vantaggi potenziali sono enormi e a beneficio diretto o indiretto di tutta la catena del valore. Le attività primarie “Logistica in entrata” e “in uscita” e quella di supporto “Approvvigionamento” sono, come è facile intuire, quelle prevalentemente influenzate dal guadagno di competitività e che quindi contribuiscono direttamente alla creazione del maggior *surplus* (margine) per l'azienda. Quest'ultimo, piuttosto che ad un aumento di ricavi, è dovuto alla riduzione dei costi di periodo: dai 30 milioni di Euro medi annui di attivo in bilancio investito in scorte di magazzino, grazie al meccanismo di previsione del *Reorder point* è possibile realizzare un *Just*

in Time che consente di ridurre i costi di circa un 25-30%. Tale beneficio non si manifesterà tutto subito ma bensì evolverà progressivamente con lo sviluppo di una più precisa attività di *learning* da parte degli algoritmi: ci si aspetta infatti una percentuale di risparmio intorno allo 0% il primo anno, 10% il secondo, 20% il terzo per arrivare ad un 25/30% che si stabilizzerà intorno al quarto anno.

Tale risparmio è di fondamentale importanza per almeno due motivi: da un lato migliora la posizione finanziaria aziendale grazie al potenziale aumento della liquidità (*Free Cash Flow*) a disposizione dovuto, contabilmente, alla variazione negativa della voce di rendiconto finanziario “*Variazioni del Capitale Circolante Netto*”³², dall’altro è possibile evitare una serie di costi diretti e indiretti di magazzino intesi come la somma degli oneri riconducibili a ordinazione, mantenimento, svalutazione e obsolescenza. In particolare gli ultimi due assumono rilievo in un settore come quello in cui opera l’impresa Alfa dove svalutazione ed obsolescenza sono dettate dai repentini cambiamenti della moda.

In questa maniera è dunque possibile produrre solo la giusta quantità di prodotto per soddisfare le richieste di mercato, aumentando l’indice di rotazione delle scorte e quindi riducendo le immobilizzazioni di capitale (spesso molto elevate) in un’ottica di eliminare sia gli sprechi legati alla produzione (ottimizzazione del ciclo produttivo lato materie prime e processi) che alle giacenze di magazzino

³² CCN= attività a breve che assorbono liquidità (crediti commerciali, rimanenze, altre attività a breve) – passività a breve generatrici liquidità (debiti commerciali, altre passività a breve).

(produzione in eccesso rispetto alle reali richieste) con il vantaggio di aumentare il profitto e la competitività a 360 gradi.

Al fine di fornire una valutazione quantitativo/numerica della convenienza dell'investimento, si procede con il calcolo del VAN inteso come somma dei flussi di cassa operativi (FCO) che il progetto genererà al netto degli investimenti previsti, attualizzati al costo del capitale (WACC).

Si parte dunque dalla stima dei flussi di cassa operativi generati dal progetto in termini di riduzione annua del CCN relativo alle rimanenze.

Stimando prudenzialmente una diminuzione totale dei costi relativi alle scorte di un 25% ripartito nei 4 anni del progetto (rispettivamente 0%,10%,20% e 25%) e calcolato sul valore medio di magazzino attuale (30 mln di Euro), si ottiene la seguente tabella (Tabella 4.4):

Tabella 4.4: CFO annui generati dal progetto in termini di variazione annua del Capitale Circolante Netto relativo alle Rimanenze

(Valori in migliaia di Euro)	t0	t1	t2	t3	t4
Rimanenze	30.000	30.000	27.000	24.000	22.500
ΔCCN	-	0	(3.000)	(3.000)	(1.500)

Fonte: Elaborazione propria

La formula utilizzata per il calcolo del VAN è la seguente:

$$VAN = \sum_{t=0}^t FCO_t \times (1 + WACC)^{-t}$$

che nel progetto Alfa, considerando $t=4$ i periodi in cui i Flussi di cassa avranno manifestazione, diventa:

$$\text{VAN} = -230.000 + \frac{3.000.000}{(1,1073)^2} + \frac{3.000.000}{(1,1073)^3} + \frac{1.500.000}{(1,1073)^4} = 5.424.184,58 \text{ Euro}$$

FCO GENERATI

INVESTIMENTO INIZIALE

TASSO DI ATTUALIZZAZIONE=
WACC=10,73%

[33]

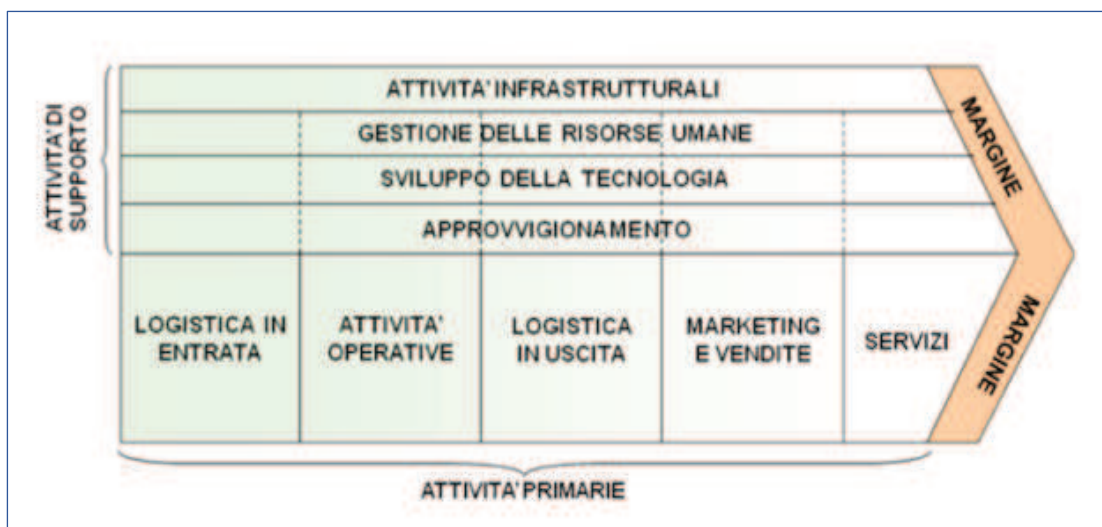
Dunque, anche il criterio del VAN, quale strumento ritenuto tra i più idonei per la valutazione degli investimenti aziendali, dimostra come A3Cube ed in generale l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale generino per Alfa un valore aggiunto più che sufficiente per superare il rendimento offerto da investimenti comparabili, a tutto vantaggio dell'impresa e dei suoi investitori: un VAN positivo equivale a ricevere la corrispondente somma di denaro (5.424.184,58 Euro) oggi.

Infine, sempre nella visione di azienda come sistema composto da attività generatrici di valore, una volta che gli algoritmi saranno perfettamente in grado di eseguire previsioni in modo automatico, alimentandosi e apprendendo tramite un processo di tipo stocastico, il lavoro a supporto di tutti i processi aziendali quale

³³ Come tasso di attualizzazione dei FC è stato scelto il WACC ovvero il costo medio ponderato del capitale proprio e di debito per l'azienda e dunque rappresentante il costo opportunità del progetto. Tale valore, pari al 10,73% è rintracciabile nel bilancio societario al 31/12/2018.

l'attività di estrazione, pulizia ed elaborazione del dato ad oggi eseguita da analisti esperti dedicati risulterà superfluo e dunque tali risorse umane verranno riallocate, all'interno della catena del valore, dall'attività di supporto "Infrastrutturale" a quelle primarie di "Marketing & Vendite" e "Servizi" che invece avranno bisogno di analisti esperti e potranno essere potenziate senza ingenti investimenti in risorse aggiuntive. Tali due processi primari saranno infatti i maggiori beneficiari del valore generato dall'effetto *spillover* che un'accurata profilazione del cliente, *output* dell'elaborazione del primo algoritmo di *Profiling*, comporta sia a livello informativo che strategico.

Figura 4.7: La catena del valore di Porter



Fonte: Porter, 1985

4.7 CONCLUSIONI ED ELEMENTI DI *DISRUPTION*

Accanto all'obiettivo di ottimizzare il lato produzione con l'applicazione dei principi 4.0 come nell'esempio del linificio, si inserisce nel caso Alfa la volontà di massimizzare le performance anche dell'aspetto gestionale dell'azienda secondo i criteri di *advanced business analytics* al fine, tramite la predizione dei quantitativi ordinati, di ottimizzare le scorte e ridurre i costi.

L'elemento di *Disruption* del progetto risiede tanto sulla progettazione di un sistema, che sulla base degli ordini storici pregressi, sia in grado di dare raccomandazioni su quello che al cliente potrebbe interessare (*Profiling Algorithm*) quanto in una impostazione predittiva che si inserisce direttamente nell'ottica di economicità della produzione e quindi del lato offerta (*Recommender Algorithm*): la sinergica combinazione delle funzionalità presentate dalle due tipologie di algoritmi di Intelligenza Artificiale implementati, spingono il valore del progetto al massimo delle potenzialità.

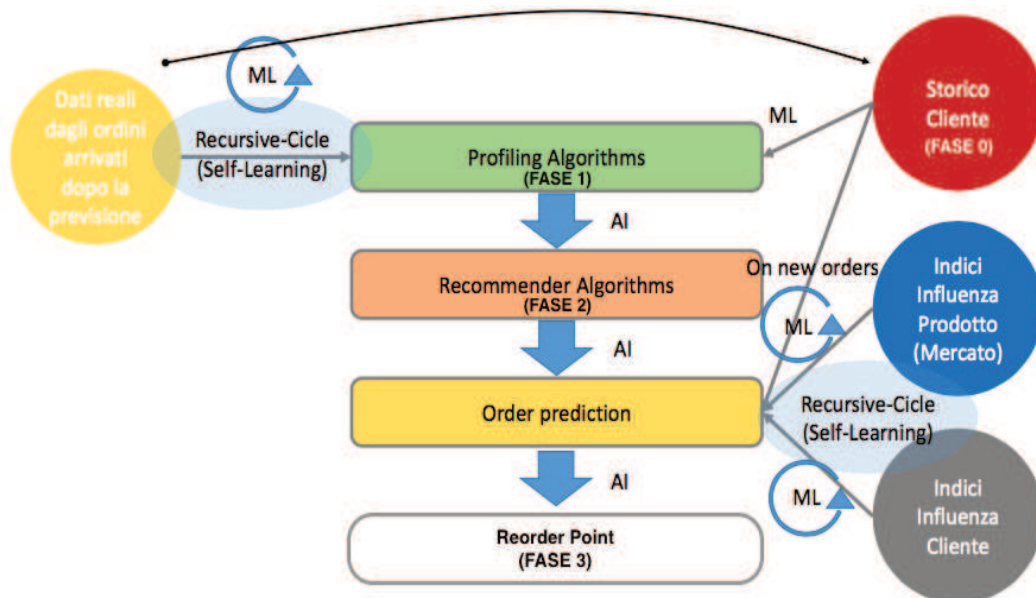
Riassumendo, l'idea di fondo è la seguente (Figura 4.8):

- I. Si cercano di individuare quali sono i gusti del cliente e precisamente quelli che lo spingono ad effettuare un determinato ordine (*Profiling Algorithms*) per poi andare a predire quale potrebbe essere la dimensione di un suo futuro ordine (*Recommender Algorithms & Order Prediction*).
- II. Grazie all'accurato *Profiling* del cliente è possibile elaborare, pressoché a costo zero, sia una precisa valutazione dei prodotti affini che un ulteriore indice di

affidabilità sulla base del comportamento tenuto durante gli ordini pregressi in situazioni analoghe (*White and Black list*). Il tutto ad efficientamento dei processi gestionali ed in particolare dell'attività di *Customer Relationship e Key Account Management*.

- III. L'unicità dell'architettura alla base del modello, prevede che le informazioni storiche siano utilizzate soltanto per inizializzare il polinomio i quali parametri caratteristici verranno poi ri-pesati sulla base di un processo stocastico che gli consentirà di auto-apprendere in tempo reale l'evoluzione delle situazioni interne (dati in *real time* derivanti dagli ordini arrivati dopo la previsione), delle condizioni “di confine” (Indici di Influenza Cliente) o esterne (Indici di influenza prodotto dettati dal Mercato) tramite attività di *Machine Learning*.

Figura 4.8: Schema riassuntivo il meccanismo di funzionamento alla base del progetto Alfa



Fonte: Elaborazione propria da Billi, 2019

Ulteriore elemento di *Disruption* è il fatto che il modello prescrittivo, grazie ad un'efficiente architettura del sistema informativo, comunicativo e di *Data Network*, risulta perfettamente integrato *in real time* con tutta la catena di produzione per far sì che questa si conformi ed organizzi il proprio lavoro autonomamente e automaticamente in modo da rispondere in maniera preventiva ed ottimizzante alle future richieste del cliente.

In ultima analisi, è possibile quindi notare come ci si trovi di fronte ad un esempio di manifattura *smart* perfettamente integrata in tutti i suoi processi, da quelli prettamente operativi (quali la produzione) a quelli di tipo strategico. Ovviamente affinché questo avvenga e funzioni, è necessario sottolineare che l'impresa Alfa aderisce a livello produttivo ai principi di *Industria 4.0* e *Lean Automation*, sia in termini di *Innovation* che di *Disruption*³⁴.

³⁴ Cfr Paragrafo 1.4

Appendice

Intervista ad Antonella Rubicco (CEO A3Cube): “Da Novara alla Silicon Valley, l’esperienza di integrazione nel mercato americano”

“La migrazione verso la Silicon Valley: Scelta o Necessità?”

L’idea in principio era quella di rimanere in Italia, dal momento che la nostra tecnologia è Italiana, il genio che l’ha partorita è italiano, le prime produzioni sono state fatte in Italia. Abbiamo lavorato in quella direzione, sembrava il momento ideale per il Bel Paese, tutti parlavano di innovazione, innovare e *startup* erano le parole d’ordine.

Nel 2011 venimmo presentati all’allora nascente sistema di incubatori, acceleratori, *club* degli investitori del Piemonte (*Piemontech* e *Torino Wireless*), avemmo diversi incontri e incaricarono l’Istituto Mario Boella di fare la valutazione tecnica. La risposta che ricevemmo fu che la nostra tecnologia non avrebbe mai potuto funzionare, me lo ripeterono per ben due volte al telefono. Chiesi loro se potevano spiegarlo al mio cliente negli Stati Uniti che stava utilizzando un sistema basato sulla nostra tecnologia per un progetto di difesa con ottimi risultati. Provarono a rettificare dicendo “Forse lei non ha capito cosa intendevamo, abbiamo bisogno di...” ma come dissi io, non funziona a casa mia significa una sola cosa. A questo punto capimmo che forse l’Italia non era il posto migliore e a malincuore decidemmo di trasferirci in US.

La scelta della Silicon Valley fu dettata dal fatto che molti nostri clienti erano là e che Emilio aveva delle consulenze con aziende di Sunnyvale e San Jose.

Era il 2012, anno in cui fondammo la A3Cube e chiudemmo la EB Engineering (ragione sociale della società antecedente A3Cube ed operante in Italia).

“Quali e come sono stati gli step per riuscire a penetrare ed integrarsi nel mercato statunitense? In particolare, il periodo di affiancamento all’incubatore USMAC si è rivelato un buon investimento in termini di tempo e denaro?”

Inizialmente a San Jose ci poggiammo sull’ USMAC (US Market Access), un acceleratore focalizzato sull’aiutare aziende da tutto il mondo ad entrare nel mercato americano, fornendo una serie di servizi e reti di contatti, oltre ad educare l’azienda che vuole fare questo passo alla differente cultura e modo di condurre il business. Noi lo trovammo per caso. Durante uno dei nostri viaggi camminando sulla terza strada a San Jose leggemo l’insegna “*Innovation Center*”. Dal momento che in quel periodo, (2011 lo stesso periodo in cui stavamo parlando con Piemontech e Torino Wireless), tutto era innovazione, bussammo chiedendo che cosa facevano ed il significato della loro insegna.

Trovammo una risposta molto attiva e, sottoponendogli la stessa documentazione presentata all’Istituto Mario Boella (non cambiammo una virgola), dopo il processo di valutazione fatta da un industriale e da un professore di Innovazione Tecnologica

dell'Università di Santa Clara, ci dissero che la nostra tecnologia era la migliore idea mai vista in SV negli ultimi 5 anni e che sarebbero stati felici di aiutarci.

Da precisare che USMAC aiuta aziende già strutturate, con noi hanno fatto un esperimento dal momento che A3Cube stava nascendo come azienda americana in quel periodo.

Altra cosa, l'USMAC non si è mai posto come l'acceleratore o incubatore che ti assicura il successo in 6 mesi e tantomeno propone corsi o accademie dopo le quali sei ufficialmente *startupper* (definizione priva di significato se uno ci pensa bene). Ti da tutti gli strumenti per raggiungere il successo aiutandoti ad integrarti in un Paese ed in un ecosistema nuovo e diverso da quello di origine.

A settembre 2012 ci trasferimmo a San Jose, A3Cube era stata costituita, ed il nostro ufficio al 10 South 3rd Street era pronto.

All'USMAC trovammo un ambiente molto positivo, stimolante con aziende da tutto il mondo (Giappone, Spagna, Polonia, Brasile, UK, Stati Uniti...) ma soprattutto trovammo sostegno, tutti facevano il tifo per tutti e poter in qualche modo essere parte della storia e dell'impresa degli altri li/ci faceva sentire importanti.

Quando arrivò il primo ordine tutti festeggiammo e c'era un continuo via vai di persone che volevano congratularsi per l'importante *milestone*.

All'USMAC trascorremmo circa un anno e mezzo dopo di che prendemmo in affitto il nostro "ufficio privato", mantenendo sempre i contatti con le persone dell'incubatore con le quali intanto era nata una bella amicizia.

“Risultati raggiunti e Prospettive per il futuro?”

Negli ultimi due anni sono stati sviluppati e realizzati diversi prodotti dedicati a vari settori del mercato e abbiamo stretto importanti relazioni e *partnership* con molte aziende grandi e piccole.

Questo è il grande valore che ci ha permesso e ci sta permettendo di crescere in maniera sana.

All’inizio pensavamo di contattare VCs e cercare investitori istituzionali, la procedura classica di chi arriva in Silicon Valley ma stando qua e vivendo i meccanismi della Valle, e dopo tanti colloqui con VCs, ci siamo accorti che il vero valore e le vere opportunità arrivano dai rapporti industriali e le relazioni che si creano con l’industria quella vera.

Visto il punto cui eravamo e dato che il nostro obiettivo era quello di costruire un’azienda abbiamo puntato sulle *partnership* industriali scegliendo di stare, almeno per un primo periodo, nella parte della Silicon Valley Industriale.

La validità’ della tecnologia ha portato importanti riconoscimenti: tra le 12 idee che hanno cambiato il 2014, tra le 10 Top startup 2014, tra le 9 hot startup 2015, ma la cosa più importante è che siamo stati notati da grandi aziende come Dell con la quale siamo diventati OEM Partner (con soli 4 mesi di validazione, quando il processo richiede oltre 18 mesi). Oltre a questo siamo stati invitati a diventare membri del Dell Founders 50 Club, un programma di accelerazione di 2 anni dedicato a sole 50 aziende scelte a livello mondiale in 14 settori dell’industria che

hanno dimostrato grande potenzialità e concreta capacità di crescita. Questo è un importante riconoscimento che va soprattutto ai CEO (la lista d'attesa è di circa 2 anni).

Nell'ultimo anno abbiamo iniziato le vendite, non con *beta customers*, ma con clienti "veri" e stiamo lavorando alla *next generation* del prodotto.

Lo scorso giugno abbiamo inaugurato il nostro Innovation park a Galliate, nel mezzo della Riserva Naturale del Ticino per essere sempre più vicini al mercato italiano e per esplicitare in maniera formale e concreta la fiducia che riponiamo in esso e che siamo sicuri non ci deluderà, l'Italia è ormai pronta al cambiamento.

Ringraziamenti

Vorrei ringraziare innanzitutto il Professor Cucculelli non soltanto per avermi seguito ed essere stato parte fondamentale nella realizzazione dell'elaborato, ma anche per la conoscenza trasmessami nel corso di questi due anni.

Un ringraziamento speciale a Franco, Antonella ed Alessandro, dolce ed instancabile sostegno, sempre al mio fianco a prescindere dalla distanza fisica. Inutile dirlo, ma senza di voi tutto questo non sarebbe stato possibile.

Costanza, Cristina e Francesca: grazie per essere state punti fissi in questi anni di cambiamento... "Noi con noi" siamo una squadra fortissima!

Ai compagni "Universitari", alle Conso ed agli amici Erasmus: Grazie per aver "arricchito il mio bagaglio" ed avermi fatto Vivere l'università.

A zia Tiziana, mia sostenitrice ufficiale da una vita, per averci creduto fin da quando passavi parte della tua pausa pranzo ad interrogarmi sui verbi di grammatica!

Un grazie particolare anche a Valentina e Paolo, per me contributo attivo e supporto motivazionale nel ponte tra università e mondo del lavoro.

Un pensiero affettuoso ad amici e parenti, miei complici, compagni e maestri nella Scuola della vita!

Infine, vorrei ringraziare l'impresa Alfa per la disponibilità e dedicare questa tesi ad Emilio, Antonella ed A3Cube perché in questi mesi siete stati molto più che i migliori mentori a cui potessi aspirare!



...Grazie di cuore!

Bibliografia & Sitografia

AGCOM (2018) *Big Data*, in “Interim report nell’ambito dell’indagine conoscitiva di cui alla delibera n. 217/17/CONS”, 2018

A3CUBE Inc. (2019) <http://www.a3cube.us>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

ANONIMO (S.d.) *Antonella Rubicco. Founder, President & CEO of A3CUBE Inc. San Jose, USA*, in “Total Prestige Magazine”,

<https://www.totalprestigemagazine.com/antonella-rubicco/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

BELLINI M. (2015) *Dall’industrial IoT allo Smart Manufacturing*,

<https://www.internet4things.it/iot-library/dall-industrial-iot-allo-smart-manufacturing/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

BIOEMULATION (2017) *Reti Neurali*,

<http://www.bioemulation.altervista.org/NNmenu/index.html>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

BOLDRINI N. (2018) *Dalla BI alle Advanced Analytics a supporto delle decisioni di business*,

<https://www.ai4business.it/intelligenza-artificiale/dalla-bi-alle-advanced-analytics-a-supporto-delle-decisioni-di-business/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

BORDELEAU F. et Al. (2018) *Business Intelligence in Industry 4.0: State of the art and research opportunities*, in “51st Hawaii International Conference on System Sciences”, Waikoloa, 2018, pp. 3944-3953

BOSCHI F. et Al. (2017) *Nel cuore dell’Industry 4.0: i Cyber-Physical Systems*,

<https://www.industriaitaliana.it/nel-cuore-dell-industry-4-0-i-cyber-physical-systems/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

BRAGLIA M. (2018) *Industria 4.0 & Impresa 4.0*, in “Seminario per Contamination Lab”, Università di Pisa, 12 giugno 2018

BUCAP (S.d.) *Business Intelligence e Business Analytics, similitudini e differenze*, <https://www.bucap.it/news/approfondimenti-tematici/gestione-del-magazzino/business-intelligence-business-differenze.htm>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

CHIARINI&ASSOCIATI (S.d.) *VSM (Value Stream Mapping)*, <https://www.leanmanufacturing.it/strumenti/valuestreammapping.html>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

COMITATO ELETTRONICO ITALIANO (2018) *Il background tecnologico e normativo di Industria4.0*, <https://ceimagazine.ceinorme.it/ceifocus/il-background-tecnologico-e-normativo-di-industria-4-0/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

CORDIANO S. (S.d.) *Occhio alla latenza!*, <https://www.salvatorecordiano.it/occhio-alla-latenza/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

DEMARTINI C. (2017) *Industry 4.0, tutti gli standard e i modelli di riferimento*, <https://www.agendadigitale.eu/industry-4-0/industry-4-0-tutti-gli-standard-e-i-modelli-di-riferimento/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

DI BLASIO J. (2014) *Che cos'è l'Automazione*, http://automazione-plus.it/che-cose-lautomazione_71032/

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

EHIWEB (S.d.) *Significato di CPU*, <https://www.ehiweb.it/significato/c/cpu>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

FABBRICA INTELLIGENTE (2012) *Il CFI*, <https://www.fabbricaintelligente.it/cluster-tecnologico-nazionale-fabbrica-intelligente/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

FORRESTER GLOSSARY (S.d.) *Business Analytics*, <https://www.Forrester.com>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

GARTNER (S.d.) *Advanced Analytics*, <https://www.gartner.com/it-glossary/advanced-analytics/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

- GARTNER (S.d.) *Internet of Thing (IoT)*,
<https://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>
 Data ultimo accesso: 5 settembre 2019
- GOVONI L. (S.d.) *La gestione delle scorte tramite il lotto economico*,
<https://lorenzogovoni.com/lotto-economico>
 Data ultimo accesso: 31 agosto 2019
- HITNER N. (2018) *The Four Types of Data Analytics*,
<https://dataflog.com/read/the-four-types-of-data-analytics/3903>
 Data ultimo accesso: 12 agosto 2019
- HOWARD C. (2019) *Gartner Survey Shows 37 Percent of Organizations Have Implemented AI in Some Form*, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2019-01-21-gartner-survey-shows-37-percent-of-organizations-have>
 Data ultimo accesso: 5 settembre 2019
- HOZDIĆ E. (2015) *Smart factory for industry 4.0: A review*, in “International Journal of Modern Manufacturing Technologies”, Ljubljana, ISSN 2067–3604, Vol. VII, No. 1 / 2015
- ISI (2018) *Linee di sviluppo e tecnologie dello Smart Manufacturing in Italia*,
<https://www.isipc.it/linee-di-sviluppo-e-tecnologie-dello-smart-manufacturing-in-italia/>
 Data ultimo accesso: 12 agosto 2019
- KIM W.C.; MAUBORGNE R. (2015) *Blue Ocean Strategy: How to Create Uncontested Market Space and Make the Competition Irrelevant*, Harvard Business Review Press, 2015
- LAZZARIN D. (2016) *Industria 4.0, le 6 tecnologie abilitanti secondo il Politecnico di Milano*,
<https://www.digital4.biz/supply-chain/industria-40-politecnico-milano-sei-tecnologie-abilitanti/>
 Data ultimo accesso: 12 agosto 2019
- LEE J. (2015) *Smart factory systems*, in “Informatik Spektrum”, Cincinnati, V.38, No. 3, 15 Maggio 2015
- LIPPIT R. (1962) *An Experimental Study of Leadership and Group Life*, University of Chicago, Chicago, 1962

LUCI A. (S.d.) *Ji-DO-KA: Una Parola Giapponese Che Significa Autonomazione*, <https://www.qualitiamo.com/miglioramento/jidoka/jidoka.html>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

LUTECH GROUP (2018) *Analisi predittiva: cosa è e a cosa serve*, <http://www.gruppocdm.it/blog/analisi-predittiva-cosa-e-e-a-cosa-serve/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

MARCONE M. R. (2017) *Le strategie delle imprese italiane di media dimensione. Innovazione e internazionalizzazione delle attività di impresa*, Giappicheli Editore, Torino, 2017

MARTIN A. (2014) *Che cos'è l'Automazione*, http://automazione-plus.it/che-cose-lautomazione_71032/

Data ultimo accesso: 6 settembre 2019

MINISTERO DEL LAVORO E DELLE POLITICHE SOCIALI (2017) *Definizione di Smart Working*, Legge n.81/2017

NOLI L. (2019) *Analisi Predittiva: Perché Ci Interessa E Chi La Usa?*, <https://www.dataskills.it/analisi-predittiva-dei-dati/#Classificazione>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

PHOENIX (S.d.) *Il modello di riferimento per l'architettura tridimensionale RAMI 4.0*, <https://www.phoenixcontact.com>

Data ultimo accesso 12 agosto 2019

PORTER M. (1985) *Competitive Advantage: creating and sustaining superior Performance*, Free Press, New York, 1985

RANSBOTHAM S. (2017) *Reshaping Business with Artificial Intelligence*, in "MIT Sloan Management Review and The Boston Consulting Group", Massachusetts, Research Report Fall 2017

RAZZICCHIA G. (2012) *Business Analytics: c'entra qualcosa con la Business Intelligence?*, <https://www.techeconomy.it/2012/05/31/business-analytics-centra-qualcosa-con-la-business-intelligence/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

REZZANI A. (2013) *Business Intelligence*, Apogeo Education, Milano, 2013

REZZANI A. (2015) *Dalla Business Intelligence Ai Sistemi Di Predictive Analytics*, <https://www.dataskills.it/dalla-business-intelligence-ai-sistemi-di-predictive-analytics/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

RIBO SRL (S. d.) *Smart Manufacturing*, <https://www.smart1.it/static-Home/smart-manufacturing>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

SANDERS A. et Al. (2016) *Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing*, in “Journal of Industrial Engineering and Management (JIEM)”, Barcellona, ISSN 2013-0953, Vol. 9, No. 3, 2016, pp. 811-833

SCHWEICHHART K. (2016) *Reference Architectural Model Industrie 4.0 (RAMI 4.0)*, <https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/a2-schweichhart-reference-architectural-model-industrie-4.0-rami-4.0.pdf>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

SMS ENGINEERING (2008)

<http://www.mybi.it/BusinessIntelligence/CostruzionediunDW/tabid/66/language/it-IT/Default.aspx>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

SUN Z. et Al. (2016) *Business Analytics-Based Enterprise Information Systems*, in “Journal of Computer Information Systems”, Papua New Guinea University of Technology, DOI: 10.1080/08874417.2016.1183977, 2016

TONANI D. (2019) *Il papà delle macchine elastiche*, in “Wired”, Italia, V.88, 14 marzo 2019, pp. 199-209

TRECCANI (2012) *Just In Time (JIT)*, http://www.treccani.it/enciclopedia/just-in-time_%28Dizionario-di-Economia-e-Finanza%29/

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

TUFANI G. (2019) *A bold innovation*, in “Campus Party Italia”, Milano, 24-27 luglio 2019

WIKIPEDIA (2019) *Cloud Storage*, https://it.wikipedia.org/wiki/Cloud_storage

Data ultimo accesso: 4 settembre 2019

WIKIPEDIA (2019) *Input/output*, <https://it.wikipedia.org/wiki/Input/output>

Data ultimo accesso: 4 settembre 2019

WIKIPEDIA (2019) *Commissione Elettrotecnica Internazionale*,
https://it.wikipedia.org/wiki/Commissione_elettrotecnica_internazionale

Data ultimo accesso: 6 settembre 2019

ZANOTTI L. (2019) *Guida al Data center: cos'è, come funziona, classificazione e vantaggi*, <https://www.zerounoweb.it/techtarget/searchdatacenter/guida-al-data-center-cos-e-come-funziona-classificazione-e-vantaggi/>

Data ultimo accesso: 4 settembre 2019

ZANOTTI L. (2019) *Industria 4.0: storia, significato ed evoluzioni tecnologiche a vantaggio del business*, <https://www.digital4.biz/executive/industria-40-storia-significato-ed-evoluzioni-tecnologiche-a-vantaggio-del-business/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019

ZEROUNO (2019) *Edge computing, cos'è, come funziona e come implementarlo*,
<https://www.zerounoweb.it/techtarget/searchdatacenter/edge-computing-cos-e-come-implementarlo/>

Data ultimo accesso: 12 agosto 2019