

Introduzione a Industry 4.0

Indice

- Introduzione
- Modelli, paradigmi e rappresentazioni sociali
- I diffusori del paradigma Industry 4.0
- I modelli precedenti
- Un esempio molto interessante : MIRS Pirelli
- Lean come prerequisito di Industry 4.0
- La relazione uomo-macchina
- I nove pilastri
- La cultura e i nativi digitali
- La struttura del corso

Introduzione

- In questa lezione introdurremo il paradigma Industry 4.0 collocandolo storicamente rispetto ai precedenti paradigmi dei sistemi produttivi e valutandolo da diverse prospettive
- Evidenzieremo gli aspetti specificatamente innovativi dell'automazione 4.0 in particolare rispetto al ruolo degli operatori
- Affronteremo il tema generale della digitalizzazione che tocca le nostre vite prima ancora che il mondo del lavoro
- Mostriamo come la Lean Organization sia un necessario prerequisito alla Digital Factory
- Infine presenteremo la struttura del corso e le modalità di esame

Che cos'è un paradigma?

- Nel linguaggio comune un paradigma è un **modello di riferimento**, un termine di paragone al quale riferirsi in modo analogico o per similitudine.
- Il paradigma è utilizzato per creare e condividere una rappresentazione mentale di un fenomeno complesso attraverso un modello di riferimento.
- Infatti nelle scienze, le teorie che pretendono di spiegare la realtà fenomenica si manifestano attraverso modelli e usando la terminologia di Ludwig Wittgenstein possiamo affermare che **“una teoria scientifica è una serie di modelli con una certa somiglianza di famiglia”**.
- I modelli a loro volta sono delle rappresentazioni della realtà fenomenica basati sulla idealizzazione e sull'astrazione (Cartwright 1989) dove l'idealizzazione è una rappresentazione in forma distorta o esagerata di un aspetto della realtà e l'astrazione è la focalizzazione su alcune caratteristiche ignorando le altre.

Perché un modello è diverso dalla complessità della realtà fenomenica?

- Perché il modello non può (e probabilmente non potrebbe) rappresentare la totale complessità della realtà fenomenica ma ha l'obiettivo di rappresentarne soltanto alcune parti che si ritengono rilevanti e quindi può essere semplificato.
- Ma la pura semplificazione non garantisce per nulla che un'entità astratta come il modello, necessariamente funzioni ovvero rappresenti l'oggetto che è modellizzato, perché è necessario connetterlo con il mondo "reale".
- La connessione con il mondo reale è la modalità di validazione del modello che può essere basato su diversi principi di cui ricordiamo i principali secondo l'evoluzione storica:
 - Correttezza delle assunzioni (Stuart Mill ed altri)
 - Valore predittivo e massima semplicità (M. Friedmann)
 - Falsificabilità (K. Popper)
 - Disponibilità di un paradigma (T.Kuhn)
 - Disponibilità di un paradigma alternativo ovvero di un programma di ricerca (I. Lakatos)

Cosa sono i modelli organizzativi?

- I modelli organizzativi sono senza dubbio delle astrazioni della realtà percepita delle caratteristiche complessive della struttura organizzativa di un'azienda basata sull'idealizzazione di quelle caratteristiche che si ritengono salienti.
- I modelli organizzativi sono costruiti con una coerenza interna per ottenere alcuni risultati.
- La coerenza è data dal fatto che le assunzioni, leggi, principi, teoremi che gli scienziati utilizzano per descrivere i modelli permettono di validare i modelli stessi secondo gli scopi della rappresentazione, quindi gli stessi principi di validazione devono essere scelti in funzione dell'obiettivo della rappresentazione per cui si è sviluppato il modello.
- Tutti i modelli organizzativi hanno la struttura dei modelli scientifici perché partono da un obiettivo di rappresentazione, stabiliscono le definizioni, le ipotesi di base, le regole di funzionamento e i risultati attesi.

Un esempio: il paradigma della Lean Production

- Prendiamo per esempio il paradigma organizzativo della Lean Production che cerca di modellizzare l'esperienza concreta realizzata da Toyota nel trasformare il suo sistema organizzativo e produttivo da tayloristico a snello.
- Si parte da una esperienza concreta perché effettivamente realizzata da Toyota in trent'anni e si cerca di sintetizzarla in un modello che possa essere utilizzato da altri per comprendere e quindi condividere il modello stesso e provare ad implementarlo.
- L'obiettivo del modello è la definizione di un'organizzazione della produzione che tenda a eliminare gli sprechi e i passi logici utilizzati sono i seguenti:
 - Innanzi tutto sono definite tutte le tipologie di spreco comprese nel modello.
 - In seguito sono definite le ipotesi di base riguardo alla formazione degli sprechi.
 - Quindi sono definite le regole di funzionamento per eliminare gli sprechi.
 - Infine sono definiti i risultati attesi.

La Lean Production come rappresentazione sociale

- Ma un paradigma non costruisce un modello valido nel senso comune con le stesse caratteristiche che ritroviamo nella rappresentazione scientifica.
- Anche in questo caso per analogia possiamo rilevare che la rappresentazione basata sul senso comune della lean production è costruita più sulle caratteristiche dell'output che sulle caratteristiche del processo.
- Infatti la rappresentazione del senso comune della Lean Production è focalizzata sull'attributo di **flessibilità** produttiva ovvero produrre quanto richiesto dal mercato mentre la rappresentazione scientifica è centrata sull'attributo **eliminazione degli sprechi**.
- Possiamo affermare che il pensiero del senso comune (tipicamente il pensiero dei manager) rappresenta la lean production sulla base degli effetti mentre gli esperti/scienziati si focalizzano sulle cause.

La nascita del paradigma Industry 4.0

- Come il paradigma Lean Production è stato sviluppato a partire da una esperienza concreta e di successo, anche il paradigma Industry 4.0 nasce a partire da alcune esperienze concrete e di successo.
- L'espressione Industrie 4.0 è stata usata per la prima volta alla Fiera di Hannover nel 2011 in Germania. A ottobre 2012 un gruppo di lavoro dedicato all'Industria 4.0, presieduto da Siegfried Dais della multinazionale di ingegneria ed elettronica Robert Bosch GmbH e da Henning Kagermann della Acatech (Accademia tedesca delle Scienze e dell'Ingegneria) presentò al governo federale tedesco una serie di raccomandazioni per la sua implementazione.
- L'8 aprile 2013, all'annuale Fiera di Hannover, fu diffuso il report finale del gruppo di lavoro.

L'industria dell'auto è sempre un passo avanti...

- I modelli vincenti dell'industria manifatturiera sono stati generati sulla base di esperienze concrete e di successo in diversi contesti economici come la produzione di massa (Ford) e la Lean Production (Toyota).
- Tutti questi modelli nascono dall'industria automobilistica che ha rappresentato negli ultimi cento anni e rappresenta ancora oggi, la sfida più complessa per qualsiasi modello organizzativo e produttivo.
- Infatti l'industria dell'auto è da sempre una industria di grandi volumi, elevati costi del prodotto, grande complessità e varietà dei componenti della distinta base. In poche parole è un'industria con processi, prodotti e supply chain complessi e ad alta variabilità.
- Di fronte alla crescente introduzione dell'elettronica nei processi produttivi e nei prodotti automobilistici, le grandi imprese dell'auto hanno fatto e sperimentato una ridefinizione complessiva del loro modello di business

La visione strategica e operativa di Daimler Benz

- Dieter Zetsche, presidente del Board of management di Daimler e responsabile di Mercedes-Benz Cars.

“Tutti i principali trend dell'industria automobilistica sono supportati dalla digitalizzazione o supportano a loro volta quest'ultima.

Il nostro obiettivo è anche quello di essere la casa automobilistica leader e più innovativa al mondo in fatto di tecnologie digitali.”

•

Più operativamente, Markus Schäfer, membro del Divisional board Mercedes-Benz Cars, manufacturing and supply chain management di Daimler ha precisato:

“In Mercedes-Benz, parliamo di 'Industria 4.0' per descrivere la **digitalizzazione dell'intera catena del valore**: dalla progettazione alla vendita ed assistenza, passando per la produzione (da cui ha origine il termine) — Noi di Daimler non abbiamo dubbi sul fatto che la rivoluzione digitale cambierà radicalmente la nostra industria. Queste novità si applicano ai metodi con cui sviluppiamo, progettiamo e produciamo le nostre vetture. Ma non solo: riguarderanno, infatti, anche il modo in cui entriamo in contatto con i clienti risultando inoltre evidenti nei nostri prodotti”.

L'auto, la Germania e l'Italia

- Le dichiarazioni e i comportamenti dei manager delle altre industrie tedesche dell'auto (Vw Group e BMW) sono sostanzialmente le stesse come quelle di tutti i competitori a livello mondiale.
- L'industria dell'auto e soprattutto l'industria dell'auto tedesca è quindi il punto di partenza del paradigma Industry 4.0 che s'intende come la digitalizzazione dell'intera del valore.
- Questo è il punto di vista dell'industria dell'auto tedesca che si fonda su strutture organizzative e gestionali molto avanzate: implementazione diffusa di sistemi ERP e di Lean Production, Supply chain integrata con fornitori e clienti, automazione di fabbrica etc.
- Non possiamo pensare che il punto di partenza della digitalizzazione per l'industria dell'auto tedesca sia lo stesso di una qualsiasi PME italiana e quindi dovremmo riflettere in modo più approfondito non solo sul paradigma ma anche sui prerequisiti essenziali del paradigma 4.0.

Su Wikipedia leggiamo una definizione un po' più completa Industry 4.0

- Il termine Industria 4.0 (o Industry 4.0) indica una tendenza dell'automazione industriale che integra alcune nuove tecnologie produttive per migliorare le condizioni di lavoro e aumentare la produttività e la qualità produttiva degli impianti.
- L'industry 4.0 passa per il concetto di [smart factory](#) che si compone di 3 parti:
 - Smart production: nuove tecnologie produttive che creano collaborazione tra tutti gli elementi presenti nella produzione ovvero collaborazione tra operatore, macchine e strumenti.
 - Smart services: tutte le “infrastrutture informatiche” e tecniche che permettono di integrare i sistemi; ma anche tutte le strutture che permettono, in modo collaborativo, di integrare le aziende (fornitore – cliente) tra loro e con le strutture esterne (strade, hub, gestione dei rifiuti, ecc.)
 - Smart energy: tutto questo sempre con un occhio attento ai consumi energetici, creando sistemi più performanti e riducendo gli sprechi di energia.

Industry 4.0 mette l'accento sulla cooperazione uomo-macchine

- La chiave di volta dell'industry 4.0 sono i **sistemi ciberfisici** (CPS) ovvero sistemi fisici che sono strettamente connessi con i sistemi informatici e che possono interagire e collaborare con altri sistemi CPS.
- Questo sta alla base della decentralizzazione e della collaborazione tra i sistemi, che è strettamente connessa con il concetto di industria 4.0.
- La collaborazione tra sistemi e con gli esseri umani sembra essere il nocciolo del paradigma Industry 4.0.
- Soprattutto rispetto ai modelli storici di Computer Integrated Manufacturing (CIM) che ponevano il focus sulla completa automazione dei processi manifatturieri ed avevano il mito della “fabbrica senza luci” perché abitata solo da robot e computer.
- Il fallimento di molti progetti CIM per l'estrema complessità e instabilità dei sistemi e l'aumento della varietà di prodotti con brevi cicli di vita , ha spinto verso questo approccio più flessibile

Ma chi sono i diffusori del nuovo paradigma?

- Ci sono due tipi di diffusori di nuovi modelli organizzativi: le università e le società di consulenza.
- Le università cercano di sistematizzare le lezioni apprese dagli esempi di successo di applicazione del nuovo modello per poter formare i nuovi manager e aggiornare i manager già attivi: aiutano a conoscere i nuovi modelli e capirne le caratteristiche ed impatti.
- Le società di consulenza cercano di creare i modelli di valutazione dei benefici che il nuovo paradigma potrebbe fornire e i modelli d'implementazione del paradigma stesso: aiutano a prendere decisioni e a realizzarle
- In Germania abbiamo assistito sia alle attività del sistema accademico che delle società di consulenza

Università: ricerca pura e ricerca applicata

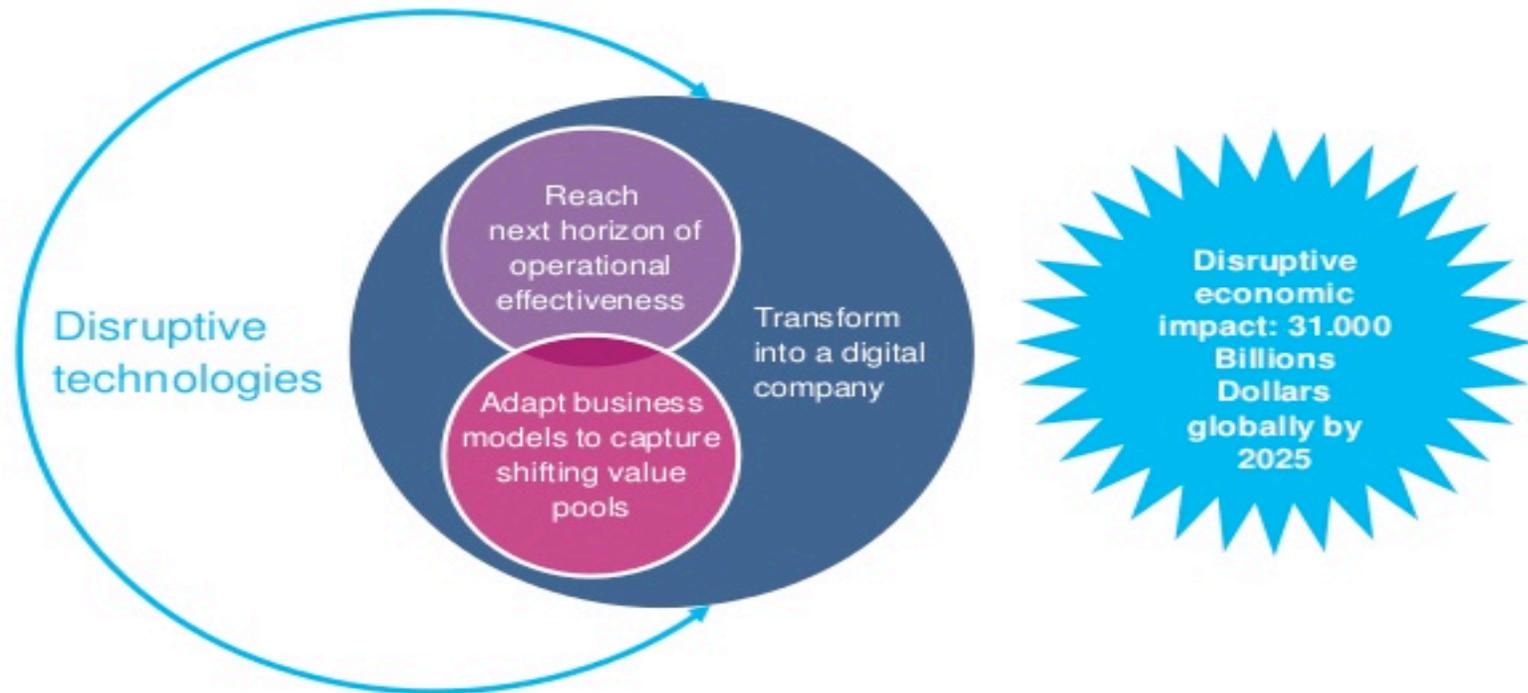
- Il sistema accademico tedesco ha attribuito il progetto Industry 4.0 alle Fraunhofer-Gesellschaft ovvero agli istituti dedicati allo sviluppo della ricerca universitaria applicata all'innovazione di prodotto e di processo industriale.
- La Fraunhofer-Gesellschaft (nome completo Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e. V. - in italiano "società Fraunhofer per lo sviluppo della ricerca applicata") è un'organizzazione tedesca che raccoglie 60 istituti di ricerca applicata, a differenza della [Max-Planck-Gesellschaft](#) che raccoglie prevalentemente istituti di ricerca di base.
- Ci lavorano circa 24 000 tra ricercatori e ingegneri, con un budget di ricerca annuo di circa 2,1 miliardi di euro.

Le società di consulenza strategica

- Le filiali tedesche delle grandi società di consulenza di direzione hanno preparato rapporti in cui si mostrano i potenziali benefici dell'implementazione del paradigma industry 4.0.
- Ovviamente si sono focalizzate su aspetti diversi in funzione della loro caratteristica prevalente:
 - McKinsey ha enfatizzato il valore aggiunto
 - Roland Berger l'impatto sulla gestione della varietà
 - BCG sui 9 pilastri tecnologici.
 - PWC l'impatto sui processi
- In ogni caso il risultato è l'aumento della competitività dell'industria tedesca e europea.

Industry 4.0: McKinsey focus on value

Industry 4.0 disrupts the industrial value chain and requires companies to rethink their way of doing business



SOURCE: McKinsey

McKinsey & Company 1

Industry 4.0: McKinsey focus on value

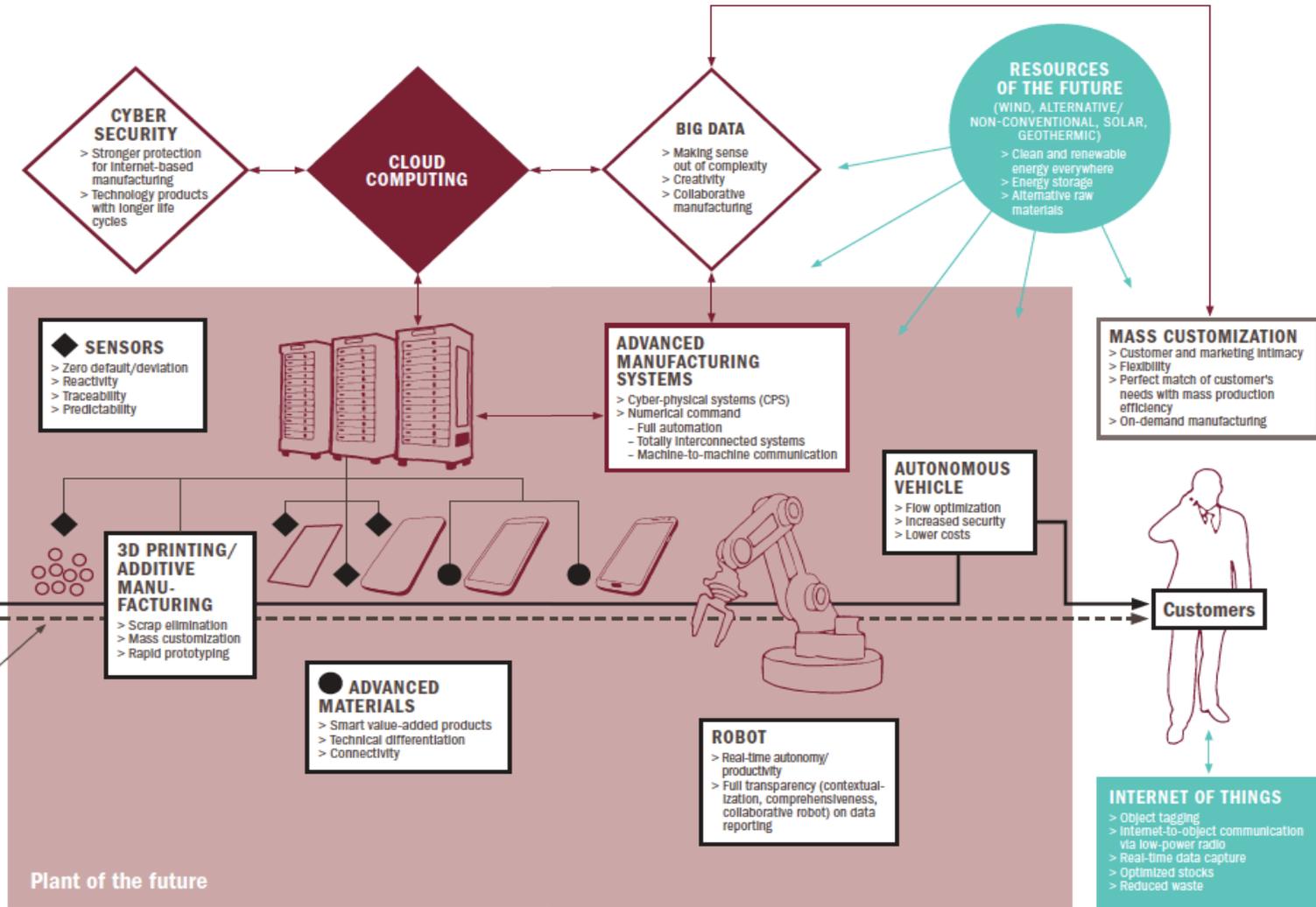


¹Maintenance, repair, and operations.

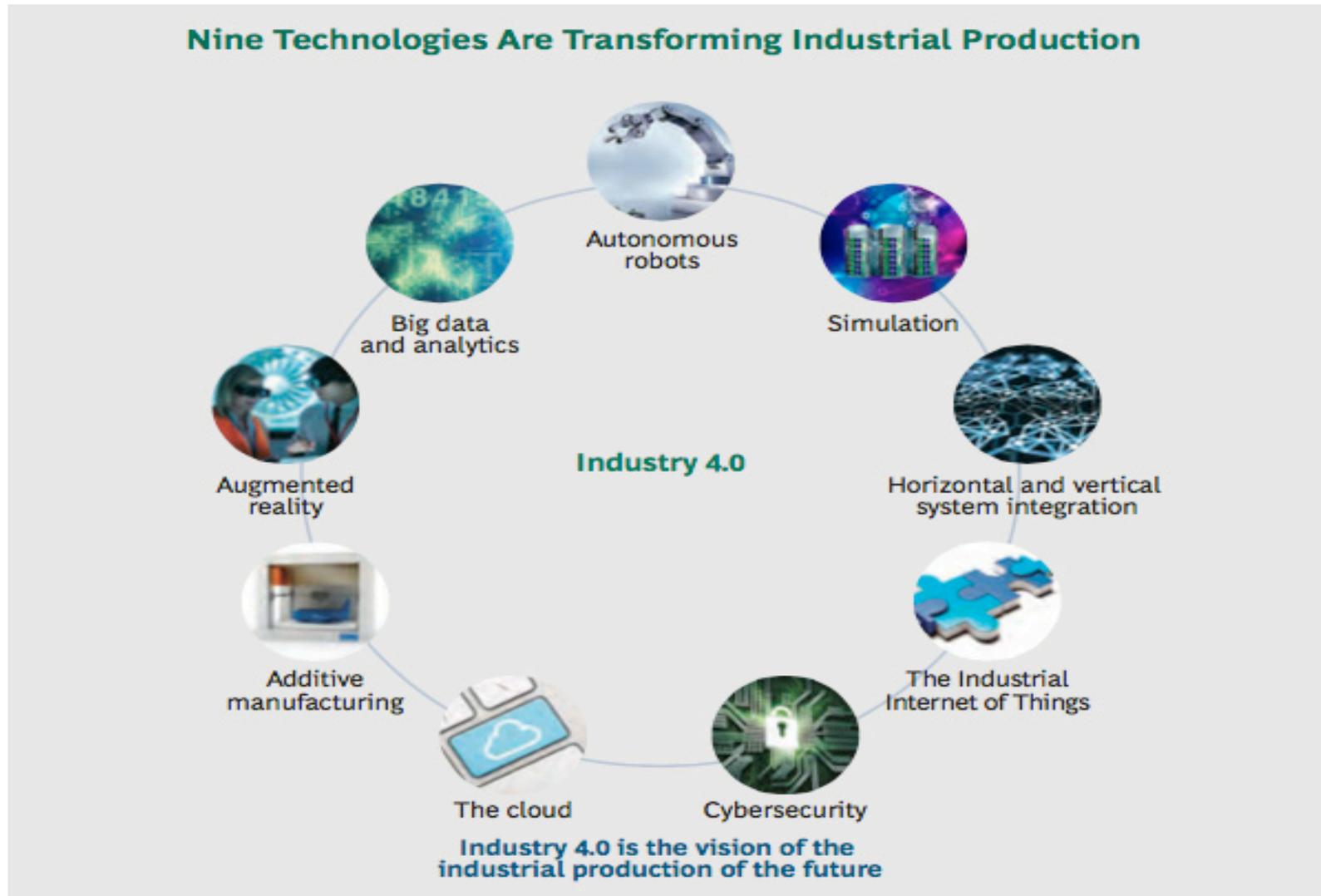
Roland Berger: l'impatto sulla gestione della varietà

INDUSTRI 4.0

THE FULLY CONNECTED WAY OF MAKING THINGS
 Industry 4.0 is based on new and radically changed processes in manufacturing companies: Factory 4.0. In this concept, data is gathered from suppliers, customers and the company itself and evaluated before being linked up with real production. The latter is increasingly using new technologies such as sensors, 3D printing and next-generation robots. The result: production processes are fine-tuned, adjusted or set up differently in real time.



BCG: i 9 pilastri tecnologici



PWC: l'impatto sui processi

	1 Digital novice	2 Vertical Integrator	3 Horizontal collaborator	4 Digital champion
Business models, product and service portfolio	First digital solutions and isolated applications	Digital product and service portfolio with software, network (machine-to-machine) and data as key differentiator	Integrated customer solutions across supply chain boundaries, collaboration with external partners	Development of new disruptive business models with innovative product and service portfolio, lot size of one, product and component identification
Market and customer access	Online presence is separated from offline channels, product focus instead of customer focus	Multi channel distribution with integrated use of online and offline channels; Data analytics deployed, eg, for personalisation	Individualised customer approach and interaction together with value chain partners	Integrated Customer Journey Management across all digital marketing and sales channels with customer empathy and customer relationship management
Value chains, processes and systems	Digitized and automated sub processes	Vertical digitization and integration of process and data flows within the company	Horizontal integration of processes and data flows with customers and external partners, intensive data use	Fully digitized, integrated partner ecosystem with self-optimised, virtualised processes, focus on core competency, decentralised decision making & autonomy
Compliance, legal, risk, security and tax	Traditional structures, digitization not in focus	Digital challenges recognised but not comprehensively addressed	Legal risk consistently addressed with collaboration partners	Optimising the value chain network for legal, compliance, security and tax
Organisation and culture	Functional focus in "silos"	Cross functional collaboration but not structured and consistently performed	Collaboration across company boundaries, culture and encouragement of sharing	Collaboration as a key value driver

Industry 4.0, Smart manufacturing , Alliance industrie du futur...

- Il paradigma è diventato il fulcro prima del progetto nazionale tedesco di miglioramento della competitività (<http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/EN/Home/home.html>)
- Equivalente progetto della Commissione Europea (<https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/policies/digitising-european-industry>)
- Nello stesso modo in Francia è nato un progetto specifico: Alliance industrie du futur (<http://allianceindustrie.wixsite.com/industrie-dufutur>)
- Progetti simili sono stati avviati in Cina e negli Stati Uniti
- In Italia il ministro dello sviluppo economico Carlo Calenda ha presentato nel 2016 il progetto nazionale Industria 4.0 che è considerato il punto focale della strategia di miglioramento industriale italiano dei prossimi 10 anni con particolare focus sulle PME

I modelli precedenti: le origini

- Quando accademici e manager esperti affrontano il paradigma Industry 4.0, lo correlano immediatamente con gli altri due paradigmi che sono stati presentati negli ultimi trent'anni: la Lean Production e il CIM (Computer Integrated Manufacturing).
- Ovviamente la naturale correlazione non è casuale ma è invece determinata da alcune evidenti analogie e legami tra i paradigmi.
- L'impatto di automazione dei processi che appare come una naturale conseguenza della digitalizzazione porta i più anziani ed esperti a trovare analogie preoccupanti con il paradigma del CIM che si affermò dagli anni '80.
- Con lo sviluppo dei sistemi di automazione della movimentazione, magazzinaggio e della robotica, si affermò una linea di pensiero che sosteneva la possibilità di realizzare fabbrica completamente automatiche ovvero sistemi di produzione capaci di funzionare senza l'ausilio dell'uomo, in maniera completamente automatica, tramite [macchine utensili](#) a controllo computerizzato ([CNC](#)) e [robot industriali](#) per le lavorazioni e per la movimentazione dei pezzi ([AGV](#) automated guided vehicles).

I modelli precedenti: gli obiettivi e i risultati

- Lo slogan che era più utilizzato era quello di realizzare una fabbrica senza luci perché i sistemi automatici non hanno bisogno di vedere.
- Nella realtà le applicazioni di fabbriche completamente integrate non furono casi di successo anzi si può parlare più di fallimenti storici come i progetti CIM di Zanussi a Porcia e Susegana e il primo progetto CIM di Fiat a Cassino.
- La complessità de sistemi era ed è una barriera veramente difficile da superare.
- Invece si sono sviluppati con un notevole successo sistemi di completa automazione ma limitati a celle produttive composte da un numero ridotto di macchine utensili: gli FMS (Flexible Manufacturing Systems).
- Dagli anni '80 l'aumento della varietà di prodotti e componenti e la riduzione dei lotti produttivi ha spinto allo sviluppo di una automazione flessibile capace di mantenere produzioni competitive per famiglie abbastanza ampie di prodotti.

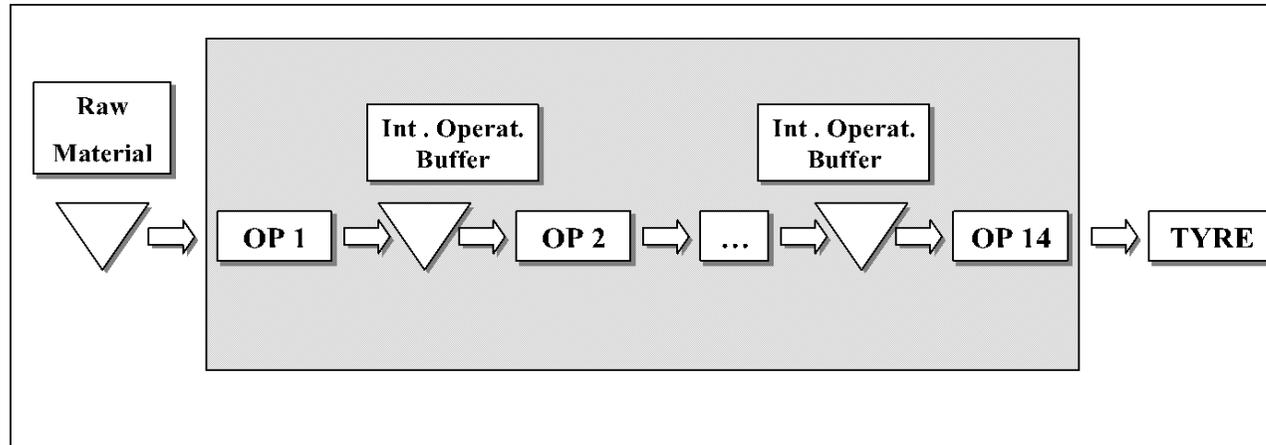
I modelli precedenti: FMS

- Ciò è stato possibile inserendo nell'impianto opportune ridondanze che rendono facile l'adattamento del sistema produttivo all'affacciarsi di nuove richieste del mercato.
- Un FMS ha le seguenti caratteristiche:
 - diminuzione del [lead time](#) di produzione
 - possibilità di funzionamento in condizioni degradate per un malfunzionamento
 - aumento della vita utile dell'impianto a causa della flessibilità del sistema, rispetto a impianti specializzati.
 - qualità più elevata e costante nelle lavorazioni svolte
- Quindi CIM e FMS sono sistemi completamente automatici e flessibili che hanno l'obiettivo di eliminare la componente umana anziché integrarla nei processi produttivi come vorrebbe fare Industry 4.0
- La semplicità relativa dei processi e soprattutto la loro stabilità nel tempo ha permesso di ottenere risultati eccellenti come nel caso del MIRS Pirelli

MIRS (Modular Integrated Robotized System) is the first worldwide innovation in tyre manufacturing since 80 years

- Pirelli has successfully developed a new process to manufacture tyres with the innovative utilisation of Industrial Robots of Comau: MIRS (Modular Integrated Robotized System)
- Dramatic practical results have been achieved in terms of WIP and throughput-time reduction, higher flexibility level, logistics, product performance.
- Now MIRS is the worldwide best practice in tyre manufacturing. Following to successful implementation in June 2000 of first MIRS of Milano Bicocca (Italy), Pirelli has already implemented 18 new MIRS plants worldwide for manufacturing car and motorcycle tyres and is planning several new plants.
- This paper analyses the two most important features of MIRS Project that increased the competitive advantage of the firm.
 - Firstly the MIRS manufacturing impacts: the performances with main technical details of the application are described, including sound reference on quantitative results.
 - Second the MIRS organisational impacts: the focus is the Innovation management process. Here we present the approach that lead to industrialise an innovative application in a “mature” sector

The traditional tyre manufacturing process



- Typical performances of a. m. process are the followings:
 - Production rate: min. 25.000 / 30.000 tyres /day
 - Throughput-time: 3/ 6 days
 - Batch change: 3 days
 - 12% WIP in operation, 88% in stock
 - N. of manufacturing operations: 14

The MIRS manufacturing process improves flexibility and quality

- **High level of flexibility** smaller production units with low throughput-time and WIP, and **optimal logistic operations**.
- A single production cell is composed by 9 Comau Industrial Robots equipped with specific devices, programmed with dedicated software and calibrated with special procedures
- Tyres are built around a heated metallic drum, which is specific for a particular tyre model.

•
The drum is **continuously rotated by robots** under an extruder, which dispenses the rubber on the surface

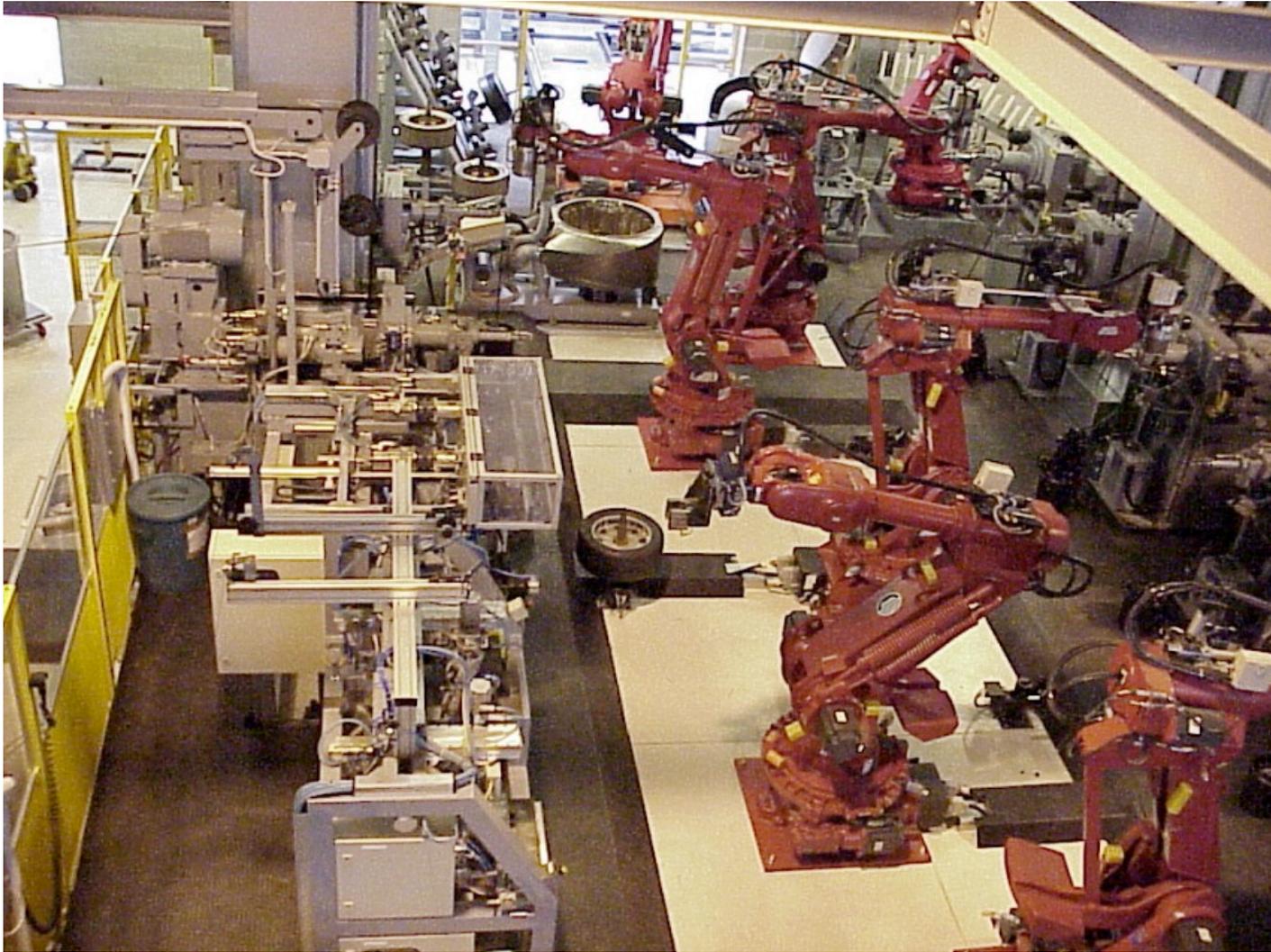
•
•
The rotations of the drum combined with the movements of robots under the extruders provide the distribution of the material to create the specific model.

The typical performances of the MIRS against the traditional plants

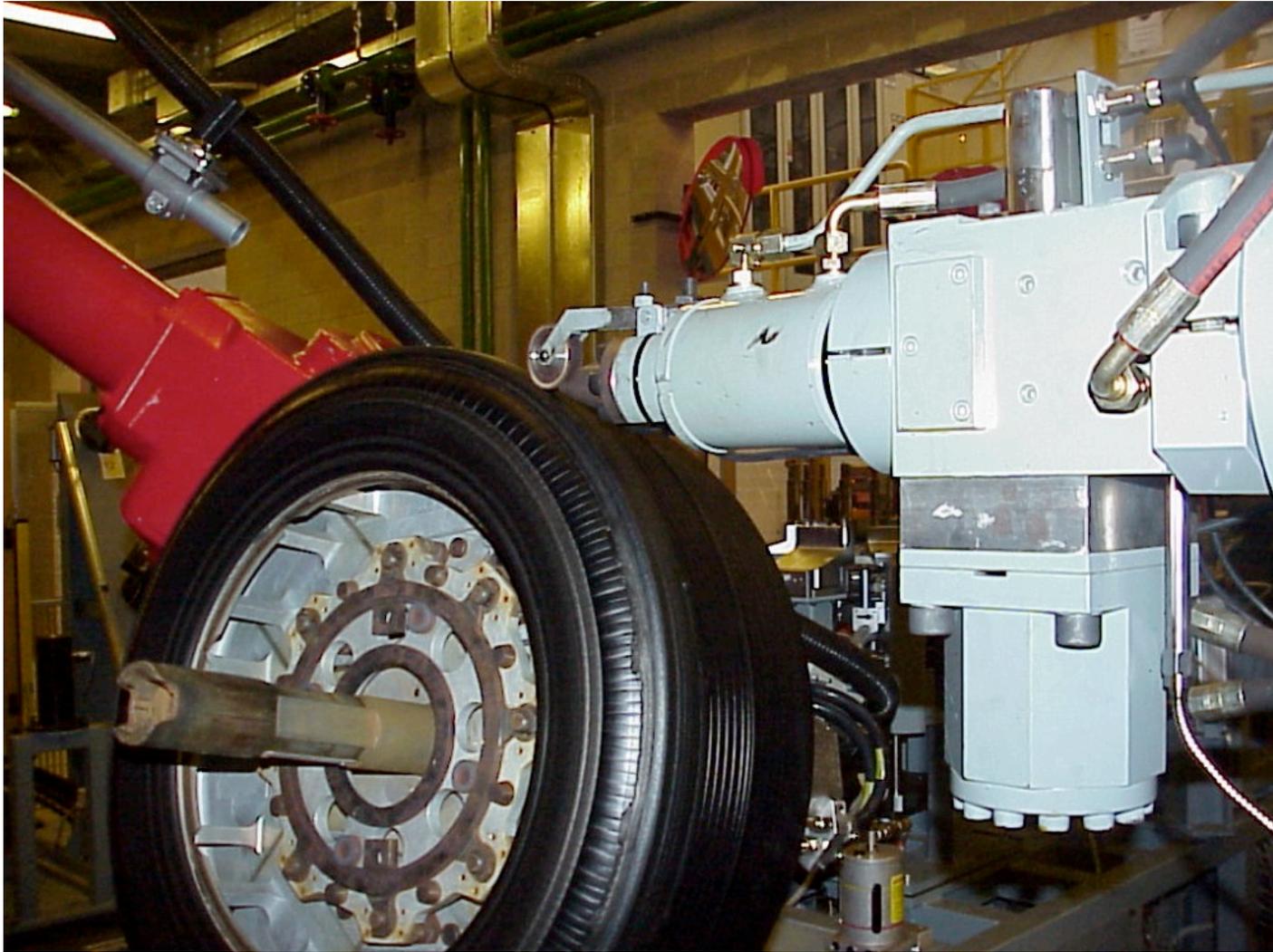
	Traditional Plant	Robotized Plant
Economical output (tyres/day)	30.000	350
Lead Time	6 days	72 minutes
Size Change Time	450 minutes	3,5 minutes
Lay out	120.000 m ²	350 m ²

- The flexibility of the cell is at maximum level and **no changeover time** is needed.
- The introduction of a new tyre model is straightforward since all the programming phase is performed off-line, similarly to CAD / CAM processes in machine tool industry.
- In case higher production capacity is needed the cell can be easily and fast cloned, with the advantages of incremental and certain investments.
- Throughput-time is 72 minutes with cycle time of 3 minutes/tyre.

MIRS Manufacturing Process



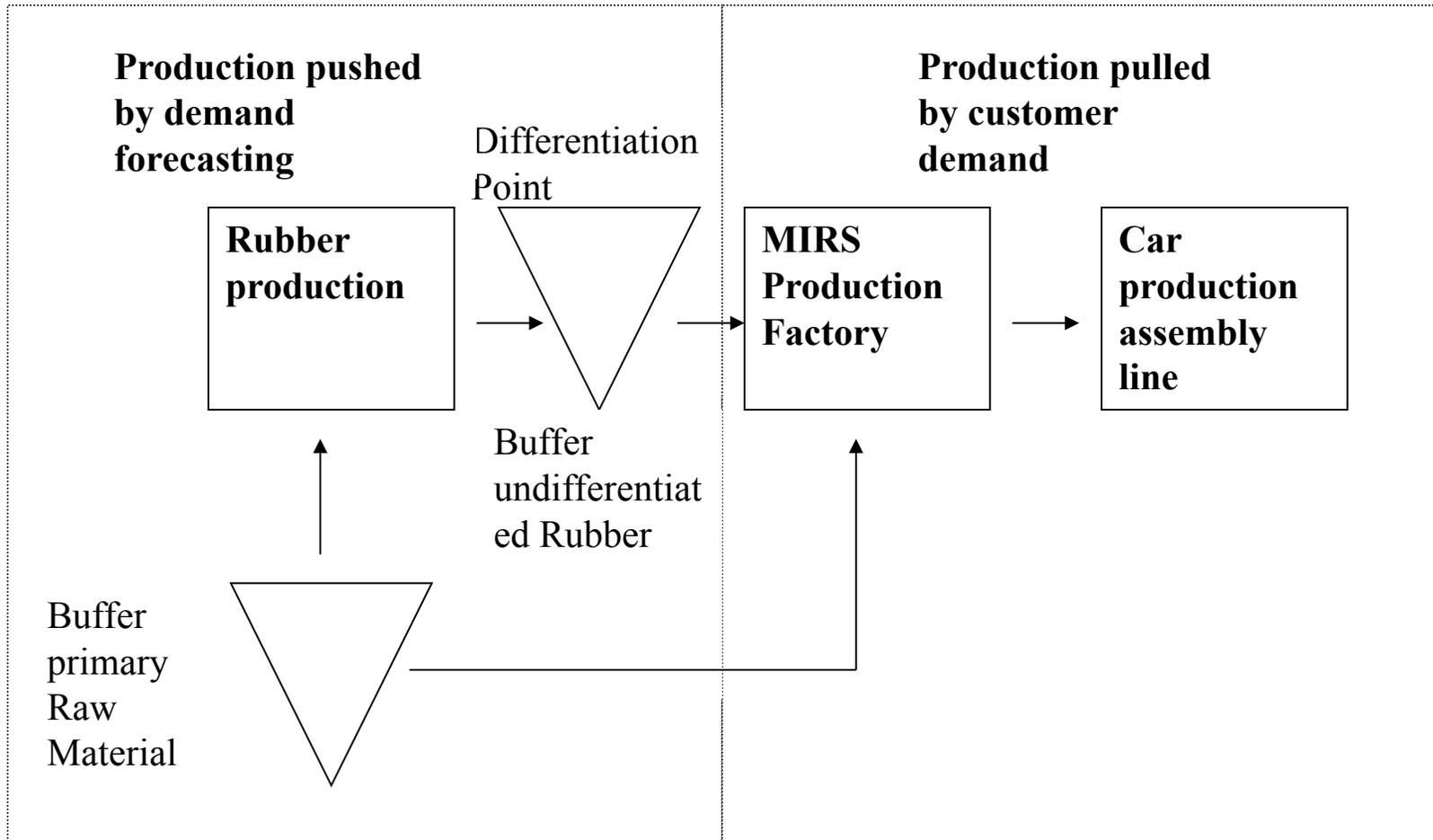
MIRS Technological Process



MIRS as an implementation of a real Manufacturing Postponement

- In fact the operational model implemented with the MIRS is characterised by two fundamental aspects, which modify tyre supply chain:
 - The possibility to manufacture tyres only after a customer order (Make to order), through marginal response time, practically JIT.
 - The possibility to reduce at minimum levels the logistical activities through the localisation of MIRS modules close to customer factories
- This is technically realisable and economically profitable since MIRS factory allows to reach competitive cost levels with minimal production batches and limited production capacities. Therefore we can have:
 - High number of different product models.
 - Production batches corresponding to product orders.
 - Total product costs very low
 - Delivery timing to customer correspondent to production timing

Manufacturing Postponement Model of MIRS



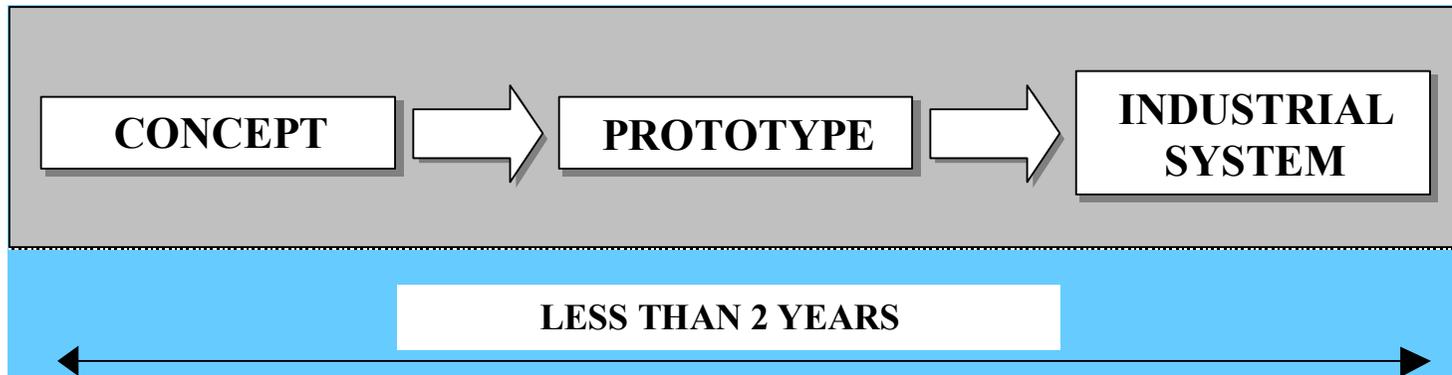
The evolution of Product Process Development



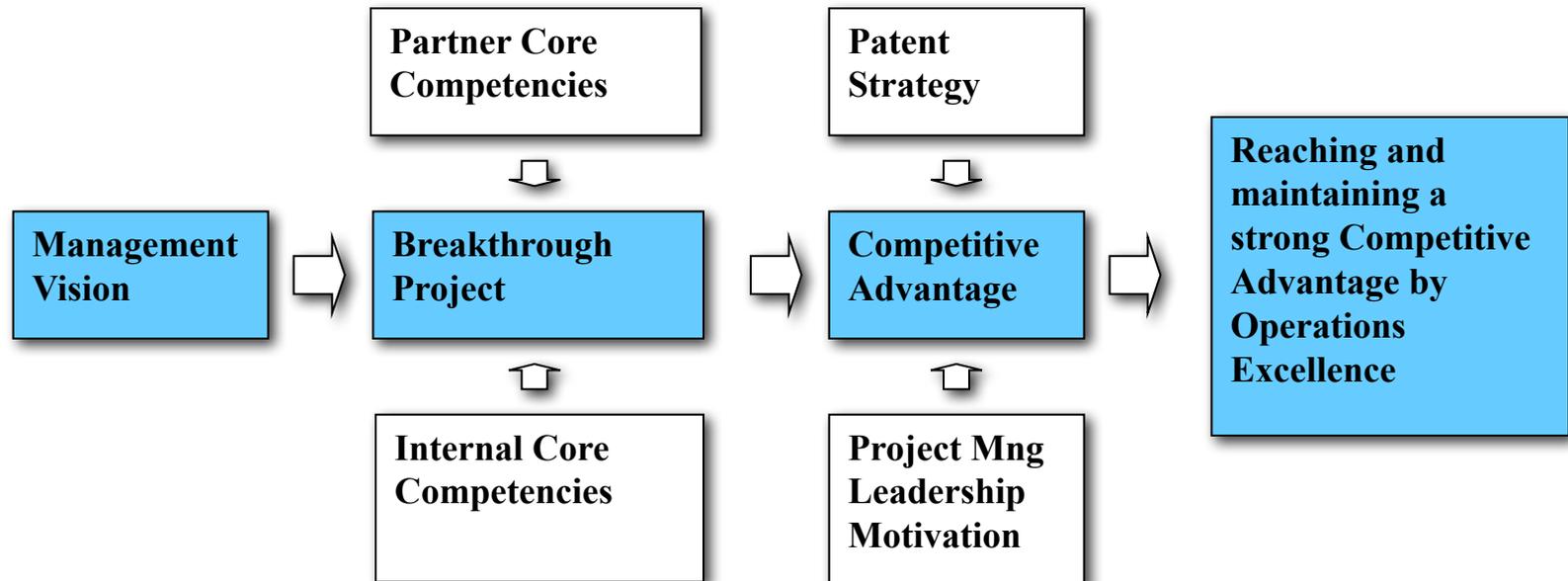
But the roots of successful experience of Pirelli and Comau are different

- Firstly the main prerequisite of a paradigm shift is based on the strategic vision of the Company management: without this basic starting point it is impossible to generate the sufficient impulse and momentum for a radical innovation.
- Radical innovations in operations that allow sustainable competitive advantages require putting together unique competences that cannot be bought on the market as a commodity, since they could be easily imitated.
- The win-win approach with core suppliers must be managed in a peer-to-peer relationship.
- Strong project Management coupled with visionary leadership must be present to keep targets, efficiency and motivation in the inter-functional team.

And the MIRS Project experience is very effective



So we could generalise in a more ample model the MIRS experience of management of a radical innovation in Operations



Conclusions

- MIRS project was not only a revolution in manufacturing tyres, but also an outstanding model in the process to introduce an innovation in Operations.
- From the production point of view the principles of Manufacturing Postponement have been exemplary implemented by realizing a system that really operates on the demand side.
- From the organisational side MIRS is a perfect example of good management of risk and innovation in a mature sector.
- This outstanding experience should make reflect all the ones looking for a radical change in their Operations: bright results can be reached with the courage of a vision coupled with the capacity to manage technology, teams, partnership, with both efficiency and motivation.

Perchè la Lean è un prerequisito di Industry 4.0?

- Il concetto di Lean Production è figlio del modello di produzione Toyota che si basa su due principi: focalizzazione sul valore percepito dal cliente e l'eliminazione degli sprechi ovvero l'eliminazione di tutte le attività o risorse che non aggiungono valore al cliente.
- Molti esperti di Lean Production ritengono che la semplicità ed essenzialità di un sistema Lean significhi utilizzare soltanto strumenti manuali di natura visuale come i cartellini kanban, i tabelloni "visual" e quindi esista una contrapposizione di metodo con l'utilizzo di software e quindi di Sistemi Informativi.
- In qualche modo all'automazione fisica (robot, sistemi di movimentazione etc) e logica (sistemi ERP, Sistemi Informativi etc) è associata una rappresentazione mentale di complessità che sembra in netto contrasto con la percezione di semplicità del concetto di Lean Production.

Perchè la Lean è un prerequisito di Industry 4.0?

- Ma questa credenza sociale è in chiara contraddizione con gli stessi principi della Lean Production.
- Infatti dobbiamo ricordare che proprio l'automazione dei processi è un obiettivo strategico dell'approccio lean, ma questo obiettivo deve essere realizzato seguendo un preciso approccio metodologico.
- L'automazione nell'approccio lean non è fine a se stessa ma è il risultato dell'applicazione di una metodologia molto rigorosa nella quale la sostituzione dell'automazione all'uomo non è la prima ma bensì è l'ultima fase

Cosa significa automatizzare?

- Automatizzare significa realizzare processi fisici o logici per mezzo di sistemi automatici e servomeccanismi.
- I Sistemi Informativi sono sistemi automatici di gestione dell'informazione perché sono capaci di acquisire, utilizzare e registrare dati senza o con minimo intervento di operatori umani.
- Nello stesso modo i sistemi robotizzati hanno la capacità di realizzare movimenti, operazioni di lavorazione che sono necessari per realizzare prodotti senza o con minimo intervento di operatori umani.
- Ma prima di scrivere un programma software si può provare semplicemente con “carta e penna” a capire come sono fatti i processi e come si possono migliorare.
- Senza dubbio è un approccio molto efficace quando si vuole sperimentare un nuovo processo di gestione, ma diventa uno “spreco” quanto il processo è messo a punto e le attività diventano ripetitive.

L'automazione nell'approccio lean

- Infatti l'automazione nell'approccio lean non è fine a se stessa ma è il risultato dell'applicazione di una metodologia molto rigorosa nella quale la sostituzione dell'automazione all'uomo non è la prima ma bensì è l'ultima fase del kaizen o processo di miglioramento :
 - Innanzi tutto si comincia con “carta e penna” ad analizzare i processi da migliorare seguendo la Value Stream Map
 - Quindi si eliminano tutti gli sprechi ovvero ciò che non porta valore al cliente, semplificando i processi stessi
 - Poi vengono provati i processi semplificati con una gestione manuale: in questo modo possiamo capire con l'esperienza tutto ciò che l'analisi razionale del progetto non era riuscita a definire
 - E successivamente l'esperienza operativa possiamo trovare gli spunti necessari per mettere a punto la robustezza del nuovo processo
- A questo punto siamo pronti ad automatizzare il processo senza sprechi e senza rischi perché abbiamo già testato in campo le possibili situazioni rischiose e i problemi che potrebbero emergere

I benefici dell'utilizzo di Sistemi d'automazione nella Lean Production

- I benefici sono di natura quantitativa e qualitativa.
- I benefici quantitativi più rilevanti sono relativi a:
 - Risparmi di attività amministrative
 - Riduzione dei tempi di attraversamento
 - Eliminazione degli errori
 - Riduzione dei tempi di addestramento
 - Riduzione dei tempi d'intervento in caso di anomalie
- I benefici qualitativi più importanti sono invece relativi a:
 - La possibilità di realizzare un controllo dei costi basato sull'attività effettivamente fornita
 - Misurazione delle prestazioni individuali e dei processi di apprendimento degli addetti
 - Individuazione degli effettivi colli di bottiglia del processo produttivo (i tempi di attesa dei kanban sono misurati ...)

L'esempio di Toyota è, come sempre illuminante

- Toyota è il caso più eclatante di applicazione coerente dei Sistemi Informativi alla gestione di un sistema logistico produttivo completo che ha generato il paradigma di Lean
- L'integrazione di Toyota con i suoi dealers e i suoi fornitori è l'esempio più rilevante del nuovo paradigma Industry 4.0 ma è anche il segreto del suo successo.
- L'integrazione è partita con il kanban fisico che si è dematerializzato in un kanban elettronico appena le condizioni tecnologiche e di costi lo hanno permesso.

Cosa significa la cooperazione uomo macchina

- Il termine cooperazione uomo-macchina può avere molti significati che sono dipendenti da due aspetti fondamentali: la definizione di macchina e la definizione di interazione uomo macchina.
- Per il senso comune il concetto di macchini si associa in modo analogico ai sistemi prevalentemente meccanici come una lavatrice, un'automobile un aeromobile.
- La maggior parte delle persone non ritengono che un programma software sia una macchina ma piuttosto qualcosa legato all'elettronica o cose simili.
- Di fatto il senso comune classifica prevalentemente gli oggetti secondo la loro struttura fisica e non secondo la loro modalità di funzionamento.
- Quindi ciò che appare fatto di elementi fisici che posso toccare e che è capace di muovere se stesso o sue parti viene chiamato macchina.
- Ma la scienza ha una definizione diversa di macchina come d esempio quando si definisce in modo scientifico il concetto di programma software.

Macchina: un concetto generale

- Da Wikipedia leggiamo che in [informatica](#) una macchina di Turing (o più brevemente MdT) è una macchina ideale che manipola i dati contenuti su un nastro di lunghezza potenzialmente infinita, secondo un insieme prefissato di regole ben definite.
- In altre parole, è un modello astratto che definisce una macchina in grado di eseguire [algoritmi](#) e dotata di un nastro potenzialmente infinito su cui può leggere e/o scrivere dei simboli.
- È un potente strumento teorico che viene largamente usato nella [teoria della calcolabilità](#) e nello studio della [complessità degli algoritmi](#), in quanto è di notevole aiuto agli studiosi nel comprendere i limiti del calcolo meccanico.
- La sua importanza è tale che oggi, per [definire in modo formalmente preciso](#) la nozione di algoritmo, si tende a ricondurlo alle elaborazioni effettuabili con macchine di Turing.

Macchina e il concetto di algoritmo

- Ma un algoritmo è un procedimento che risolve un determinato [problema](#) attraverso un numero finito di passi elementari.
- L'algoritmo è un concetto fondamentale dell'[informatica](#), anzitutto perché è alla base della nozione teorica di [calcolabilità](#): un problema è calcolabile quando è risolvibile mediante un algoritmo.
- Inoltre, l'algoritmo è un concetto cardine anche della fase di [programmazione](#) dello [sviluppo di un software](#): preso un problema da automatizzare, la programmazione costituisce essenzialmente la traduzione o [codifica](#) di un algoritmo per tale problema in [programma](#), scritto in un certo [linguaggio](#), che può essere quindi effettivamente [eseguito](#) da un [calcolatore](#) rappresentandone la logica di [elaborazione](#).
- Quindi un algoritmo è l'essenza di un programma software che realizza una qualsiasi automazione e una macchina di Turing è l'essenza di un moderno computer capace di realizzare l'algoritmo.
- Per questa ragione possiamo affermare che da una parte ci sono gli esseri umani e dall'altra macchine che possono essere meccaniche, elettriche, elettroniche, logiche o combinazione di esse.

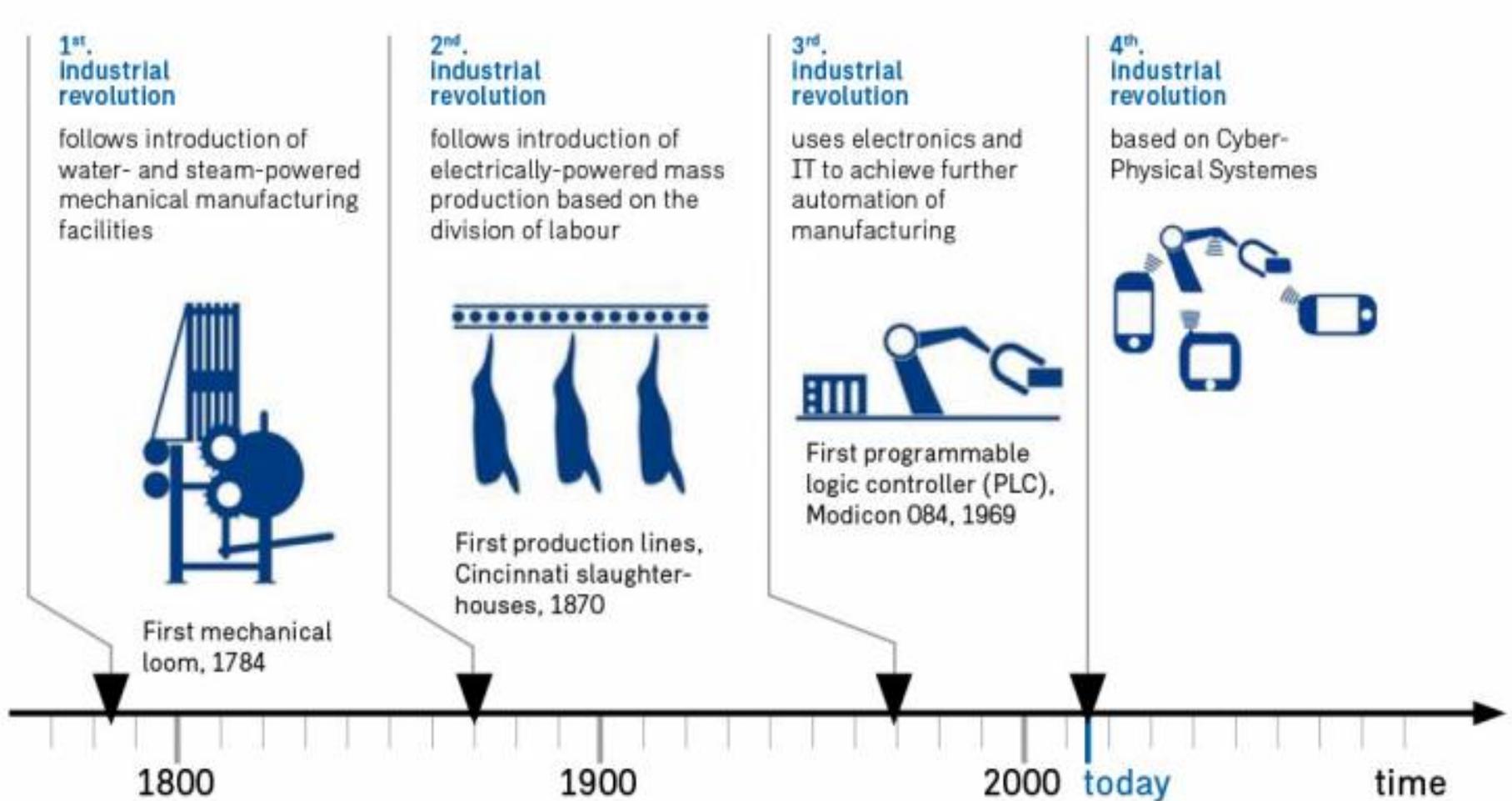
Le macchine e gli esseri umani

- Gli esseri umani interagiscono con queste macchine e questa interazione può fornire agli esseri umani capacità che normalmente non hanno: più forza fisica, più precisione, più memoria, più capacità di calcolo etc.
- D'altro lato gli esseri umani hanno una caratteristica che le macchine non hanno: la possibilità di modificare in modo dinamico il loro comportamento in funzione dei cambiamenti che possono avvenire: gli esseri umani sono capaci di adattarsi all'ambiente, di evolvere.
- In altre parole la cooperazione tra uomini e macchine può permettere di realizzare un sistema in cui le caratteristiche della somma vanno molto al di là delle caratteristiche delle singole componenti: la capacità di adeguare dinamicamente le azioni all'essenza degli obiettivi strategici.

Le caratteristiche peculiari di Industry 4.0

- Industry 4.0 è un paradigma nato all'interno dell'industria automobilistica tedesca con lo scopo di trasformare radicalmente la struttura dei sistemi di produzione, per passare da “sistemi produttivi interconnessi ma ottimizzati localmente” a “flussi produttivi integrati, automatizzati e globalmente ottimizzati ad alta flessibilità”
- La flessibilità è necessaria perché si vuole competere in mercati in cui bisogna realizzare non solo sempre più prodotti ad alta varietà ma addirittura prodotti personalizzati sulle specifiche esigenze dei singoli clienti: la Mass Customization.
- L'industry 4.0 è visto come il quarto stadio di un percorso evolutivo dei sistemi produttivi dall'inizio della rivoluzione industriale ad oggi.
-

La quarta rivoluzione industriale



I nove pilastri di I4.0

1. Big Data and Analytics: raccolta e analisi di un grande numero di dati provenienti da diverse fonti a supporto dei processi decisionali
2. Robot autonomi: la nuova generazione di robot avrà un costo più basso e maggiori capacità rispetto a quelli attualmente in uso; saranno in grado di interagire tra loro e con le persone e di apprendere da queste interazioni.
3. Simulazioni: già in uso nei processi di progettazione, l'utilizzo di sistemi simulativi verrà esteso a tutti i processi produttivi. Questi sistemi elaboreranno i dati raccolti in tempo reale in modelli simulativi virtuali al fine di testare e ottimizzare macchine, prodotti e processi e di anticipare problemi prima che questi avvengano nella realtà.
4. Integrazione orizzontale e verticale dei sistemi informativi: l'integrazione dei dati e dei sistemi lungo tutta la catena del valore farà in modo che tutti i reparti e le funzioni aziendali diventino parte di un unico sistema integrato.
5. Industrial Internet of Things: si tratta di quell'insieme di tecnologie e sensori che permetteranno agli oggetti in fabbrica, sia device sia prodotti finiti, di comunicare e interagire tra loro e con le persone via rete.

I nove pilastri di I4.0

6. Cybersecurity: con l'aumento della connettività tra device, aumenterà l'esigenza, anche in fabbrica, di proteggere i sistemi di produzione e la rete informatica da potenziali minacce.
7. Cloud: molte aziende già utilizzano applicazioni cloud-based ma nell'Industry 4.0 ci sarà l'esigenza di una maggiore condivisione di dati riguardanti anche la fabbrica e , di conseguenza, anche le applicazioni per il controllo e la gestione della produzione dovranno essere disponibili in cloud.
8. Additive Manufacturing: la stampa 3D è attualmente utilizzata solo per la creazione di prototipi o per la produzione di specifici componenti. Nell'industry 4.0 queste tecnologie di additive manufacturing verranno utilizzate in modo più ampio per produrre piccoli lotti di prodotti altamente customizzati, ed essendo realizzabili in più centri dislocati sul territorio, permetteranno di ridurre le distanze per il trasporto logistico dei prodotti finiti.
9. Augmented Reality: si tratta di sistemi che, attraverso un dispositivo mobile, come uno smartphone, o dispositivi di visione (per es. occhiali a proiezione sulla retina), di ascolto (auricolari) e di manipolazione (guanti), aggiungono informazioni multimediali alla realtà già normalmente percepita dall'uomo.

I nove pilastri di I4.0: cosa è veramente nuovo

- Molte di queste tecnologie esistono da tempo e sono già in uso nel mondo manifatturiero.
- La reale novità del paradigma dell'Industry 4.0 consiste in un nuovo modo di pensare la fabbrica e le relazioni tra fornitori, produttori e clienti e soprattutto tra uomo e macchina.
- Industry 4.0 è una nuova cultura industriale che come tutte le culture ha caratteristiche fondamentali che permangono nel tempo e altri aspetti che sono il risultato delle dinamiche e quindi possono variare nel tempo.
- La caratteristica fondamentale dell'Industry 4.0 è la cooperazione tra i sistemi automatici (robot, software etc) e gli esseri umani.
- Un esempio di cooperazione è il rapporto e contatto diretto tra robot e operatori che lavorano insieme anziché delimitare aree dove possono operare solo gli uni o solo gli altri e sono interfacciati da buffer di componenti o semilavorati.

Il Lean è prerequisito essenziale di I4.0

- Prerequisito necessario per l'applicazione del paradigma industry 4.0 è la semplificazione dei processi orientata al valore per il cliente: quindi è necessaria l'implementazione della lean organization.
- Automatizzare processi complessi rende questi inaffidabili e rigidi; automatizzare processi semplici ne migliora la robustezza, la flessibilità e l'efficienza.
- Le esperienze del passato confermano la correttezza di questo approccio.
- Molti ingegneri industriali ricorderanno il paradigma degli anni 80: il CIM o Computer Integrated Manufacturing.
- Il fallimento di questi modelli olistici è stato proprio determinato dal voler automatizzare la complessità dei processi anziché prima semplificarli e poi automatizzarli: senza lean non si fa industry 4.0.
- Non per nulla l'origine del paradigma è l'industria automobilistica tedesca che utilizza la filosofia lean sulla scorta dell'esempio Toyota co

La cultura Industry 4.0 e la digitalizzazione della vita

- Gli impatti della cultura Industry 4.0 si possono valutare da una prospettiva individuale e/o delle relazioni sociali.
- In sostanza dobbiamo cercare di capire se e come la digitalizzazione del manufacturing impatta sulla vita delle persone che ne sono coinvolte.
- L'esperienza quotidiana è che la digitalizzazione del manufacturing è più una conseguenza della effettiva digitalizzazione della vita di tutti i giorni che una causa: le persone si sono abituate alla tecnologia e sono meno ansiose nei confronti del cambiamento.
- Infatti stiamo assistendo e partecipando all'utilizzo sistematico e senza soluzione di continuità nella vita professionale e soprattutto nella vita privata, di tecnologie digitali per mezzo dei principali apparati elettronici disponibili sul mercato: computer, tablets, smart phone , tags etc.
- L'uso di siti web, di blog e la partecipazione a comunità virtuali pervade tutto il mondo insieme alla disponibilità di una connettività sempre più wireless alla rete Internet.

I nativi digitali e gli altri

- Ovviamente questo fenomeno è diverso per chi si può definire un “nativo digitale” e chi invece ha approcciato le tecnologie digitali in una parte successiva della sua vita e anche il livello di ansia è diverso.
- L'origine del termine Nativo Digitale è da attribuirsi allo scrittore statunitense Marc Prensky che l'ha utilizzato la prima volta nell'articolo “Digital Natives, Digital Immigrants” del 2001 dove Prensky attribuisce l'appellativo Nativi Digitale ai ragazzi nati dopo il 1985.
- La data è stata scelta dallo scrittore in quanto è l'anno che segna il passaggio cruciale dovuto alla diffusione di massa dei computer e soprattutto dei primi sistemi che prevedevano un'interazione grafica con il computer.
- Tutte le persone nate prima di questa data sono definiti "immigrati digitali" cioè persone che si sono approcciate al "linguaggio digitale" soltanto in una fase successiva della loro vita.
- I nativi digitali sono dunque i madrelingua di questo linguaggio

La tecnologia digitale e le capacità umane

- L'utilizzo della tecnologia per Prensky serve per migliorare le nostre capacità ma al contempo bisogna tener presente che non può sostituire la capacità di giudizio o l'intuizione stessa ma piuttosto migliorarle permettendo di raccogliere più dati di quanto potremmo fare senza l'uso di questi strumenti.
- Di fatto potremmo definire l'impatto positivo delle tecnologie digitali come un potenziamento delle caratteristiche dell'essere umano e questo è veramente il fondamento del paradigma Industry 4.0
- Infatti la tecnologia quindi ci permette di arricchire le nostre capacità cognitive, migliorare la memoria attraverso gli strumenti di archiviazione, acquisizione e restituzione dei dati, proprio per questo motivo la tecnologia digitale può aiutare in maniera determinante fornendo database e algoritmi capaci di immagazzinare e analizzare grandi quantità di dati in modo molto più accurato di quanto possa fare il cervello umano.
- Prensky chiama questo essere umano digitalmente potenziato "Homo Sapiens Digital" ovvero colui che accetta il potenziamento come fattore integrante dell'esperienza umana

L'impatto della cultura digitale

- Il fatto stesso di accettare la tecnologia significa non avere un atteggiamento di paura verso la tecnologia stessa e quindi essere disponibili al cambiamento tecnologico.
- Saggezza digitale non significa abilità estrema nel manipolare la tecnologia ma la capacità di prendere decisioni più sagge perché potenziate dalla tecnologia.
- In altre parole la capacità di utilizzare la tecnologia digitale per migliorare la proprie vita e quella degli altri.
- Le persone digitalmente molto abili possono essere eccezionali a manipolare gli strumenti digitali (ad esempio i programmatori, gli hacker, ecc.), ma se lo fanno con una modalità priva di saggezza la pura e sola abilità non le aiuta a diventare più sagge.
- La cultura Industry 4.0 è semplicemente l'estensione alle attività professionali di tutti quegli aspetti della vita digitale che caratterizza non solo i nativi digitali ma tutti.
- Ovviamente non ci sono solo aspetti positivi ma anche aspetti che possono essere negativi, come ad esempio la natura delle relazioni sociali che sono mediate dagli strumenti digitali anziché dal contatto fisico diretto

I conflitti tra la cultura Lean e Industry 4.0

- La cultura lean si può declinare in due diversi aspetti: che cosa fare e come fare.
- Il “che cosa fare” sono gli obiettivi dell’approccio lean: la focalizzazione sui bisogni del cliente, l’eliminazione degli sprechi e il miglioramento continuo.
- Il “come fare” sono il lavorare in team interdisciplinari, la sperimentazione delle soluzioni e in generale la creazioni di best practice a partire da esperienze condivise.
- Tutte queste dinamiche di relazioni sociali si sviluppano con una condivisione fisica dello spazio e del tempo che viene messa in discussione dalle tipiche relazioni virtuali della nostra vita digitale.
- Le relazioni virtuali non sono uguali alle relazioni fisiche sia nei rapporti uno a uno che nei rapporti sociali.

I conflitti tra la cultura Lean e Industry 4.0

- L'esperienzialità dei progetti lean permette alle persone di sviluppare skills comportamentali efficaci soprattutto nei processi di negoziazione che sono tipici dei team e dei progetti interdisciplinari.
- La virtualità della relazione porta ad una maggiore polarizzazione dei comportamenti sia nella condivisione che nel rifiuto e quindi ad una radicalizzazione dei conflitti.
- Infatti la riduzione o addirittura la mancanza di feedback visivi ai nostri comportamenti è un elemento disturbante i sistemi inconsci di regolazione del conflitto che di per se stesso è necessario nei processi negoziali.
- Quindi il differente "come fare" può essere una barriera al passaggio tra lean e Industry 4.0

Il problema della rappresentazione sociale della Industry 4.0

- Il fenomeno Industry 4.0 è cominciato a diventare un fenomeno mediatico in testa alla lista delle priorità degli organismi politici ed industriali.
- Innanzi tutto la complessità delle nuove tecnologie è molto difficile da far comprendere il loro impatto sui processi operativi alla maggior parte coloro che devono prendere le decisioni e anche alla maggior parte di coloro che dovrebbero poterle utilizzare con grande vantaggio.
- Questa difficoltà non deriva dalla limitata intelligenza delle persone ma piuttosto dalla straordinaria eterogeneità delle tecnologie del paradigma Industry 4.0.
- Per esempio Industrial Internet of Things, Big data, Robot cooperativi sono veramente ambiti tecnologici molto diversi tra di loro e normalmente sono proposti ed implementati da specialisti delle singole tecnologie che poco capiscono delle altre.
- D'altronde l'industria dell'auto è riuscita a realizzare Industry 4.0 con un processo di quasi trent'anni che ha visto tecnologi molto capaci che hanno pazientemente accumulato le competenze ed esperienze necessarie.

Il problema della rappresentazione sociale della Industry 4.0

- In seconda battuta riteniamo che la sfida più importante sia quella che richiede il processo di cambiamento organizzativo che può essere generato dalla possibile implementazione di Industry 4.0.
- Se capire l'impatto sui processi è complesso e difficile, capire l'impatto sulle persone è ancora più difficile e soprattutto molto più importante: non tutti sono nativi digitali!!
-
- Infatti è possibile aver compreso le potenzialità del nuovo paradigma e non riuscire ad implementarlo effettivamente come spesso è capitato negli ultimi anni con la rivoluzione industriale della lean organization.
- Quindi abbiamo l'obiettivo ambizioso di cercare di aiutare chi si accinge a valutare questo grande cambiamento: da un lato ricordando l'importanza della trasformazione lean come prerequisito e dall'altro fornendo un insieme di strumenti utili al prossimo salto acrobatico verso Industry 4.0.

Conclusioni e prossimi passi

- Dopo un primo inquadramento concettuale e storico del paradigma Industry 4.0 dobbiamo vedere come il paradigma si applica alle imprese e quali benefici possa dare.
- Per far questo dobbiamo innanzi tutto fare una panoramica delle tecnologie digitali per poter capire le loro caratteristiche con l'obiettivo di poter successivamente capire come possano impattare sui processi aziendali.
- Infatti vorremmo identificare i problemi aziendali più rilevanti che possono essere risolti dalle tecnologie e non andare in cerca di problemi aziendali che giustifichino comunque l'utilizzo del tecnologie
- Infine cercheremo degli esempi applicativi di questi nuovi processi che aiutino a capire l'impatto quantitativo e qualitativo delle tecnologie in progetti realmente realizzati.

I temi da affrontare nel corso

- Il nostro approccio partirà dagli aspetti architetture dei sistemi informativi della fabbrica digitale e del loro impatto sui progetti di pianificazione e gestione
- Quindi tratteremo dei sistemi di comunicazione che permettono ai sistemi di far lavorare i diversi livelli e con prestazioni diverse, per capire le caratteristiche distintive di ogni sistema di data communication e i limiti
- A questo punto possiamo introdurre i sistemi che realizzano le sequenze di operazioni in campo, acquisiscono dati e misure e i sistemi che li supervisionano per passare da un'ottica locale o della singola macchina a un ottica di sistema complessivo.
- Ma la digitalizzazione richiede architetture di prodotto e quindi di affrontare il tema della modularità del prodotto e della configurazione dell'ordine che deve essere perfetto
- A questo punto vedremo come si automatizza fisicamente il sistema produttivo come gli operatori s'interfacciano alle macchine fisiche o logiche e come tutto questo possa ridiventare digitale come un avatar della realtà.
- Siamo pronti a capire l'impatto sulla supply chain e sull'organizzazione d'impresa e i processi di change management
- Infine vedremo come impostare un progetto di smart manufacturing

Modalità d'esame

- La valutazione del corso prevede un esame che si potrà sostenere con due modalità:
 - Studenti frequentanti il corso potranno sostenere l'esame con tre parti che comporranno la valutazione finale:
 - Progetto in piccoli gruppi durante il corso
 - Partecipazione I-FAB
 - Esame ridotto di due domande
 - Studenti non frequentanti il corso sosterranno l'esame in due parti:
 - Esame con 4 domande
 - Orale (qualora l'esame scritto sia giudicato sufficiente)