

EMBA

EXECUTIVE MASTER IN BUSINESS ADMINISTRATION



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE



UNIVERSITÀ
DI TRENTO

SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Prof. Marco Formentini

marco.formentini@unitn.it

15 Marzo 2025



Introduzione al corso SCM

Prof. Marco Formentini



- Professore Associato di Ingegneria Gestionale, DISI
- Precedenti esperienze lavorative: Cass Business School, London; School of Management, University of Bath (UK); Audencia (Nantes)
- Studi: University of Padova, Italy (PhD in Management Engineering); Miami University, Ohio (USA); University of Udine (BSc & MSc in Management Engineering)
- Ricerca e collaborazioni industriali:
 - Supply Chain Collaboration & Integration
 - Sustainable Supply Chain Management
 - Buyer – supplier relationships
 - Strategic sourcing
 - New Product Development (VA/VE, FMEA)
 - Process Improvement in Healthcare



Prof. Marco Formentini



(2019) DBA Audencia Business School,
Shenzhen, China



(2017) Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD)
Roundtable on Responsible Business Conduct,
Paris (France)

Prof. Marco Formentini



European
Operations
Management
Association



International Purchasing &
Supply Education & Research
Association



European Institute for
Advanced Studies in Management

Obiettivi del corso

- Sperimentare in modo pratico le dinamiche complesse di una supply chain.
- Comprendere i concetti chiave del Supply Chain Management (SCM).
- Analizzare strategie reali attraverso casi studio di aziende globali.
- Discutere sfide pratiche e soluzioni applicabili nei contesti aziendali dei partecipanti.

Metodologia didattica

- **Apprendimento esperienziale:** Beer Game e workshop pratici.
- **Analisi di casi reali:** Dell e Zara per confrontare modelli diversi.
- **Approccio partecipativo:** discussioni basate su esperienze aziendali dei partecipanti.

Attività esperienziale - Beer game

Debrief del Beer Game

Introduzione al Supply Chain Management



Prof. Marco Formentini

L'importanza del Supply Chain Management

- Da spina dorsale del commercio mondiale a scacchiere



Perchè è importante gestire la catena di approvvigionamento?

Storie legate al SCM sulla stampa di ogni giorno...

NEWS BUSINESS

Japan supply chain fears rattle world stock markets

Stock markets have taken a sharp hit since the start of the year. Japan's Nikkei 225 index has dropped 10% since January 1. The Dow Jones Industrial Average is down 7.1% and the S&P 500 is down 6.2%. The Nasdaq Composite is down 5.2%.

The Nikkei has been rattled by concerns over the impact of the US-China trade war and the impact of the coronavirus on the global economy. The Dow Jones has been hit by concerns over the impact of the coronavirus on the global economy.

Dow Index

LAST REPORTED 17/03/2020 10:30:00 ET
TODAY'S RECORDS & HIGH/LOW

Coronavirus Is a Wake-Up Call for Supply Chain Management

By Thomas V. Clark, Dale Rogers and Michael Hall
March 17, 2020

New world re-order: how Trump's tariffs will reshape global supply chains

Perchè il SCM è così importante?

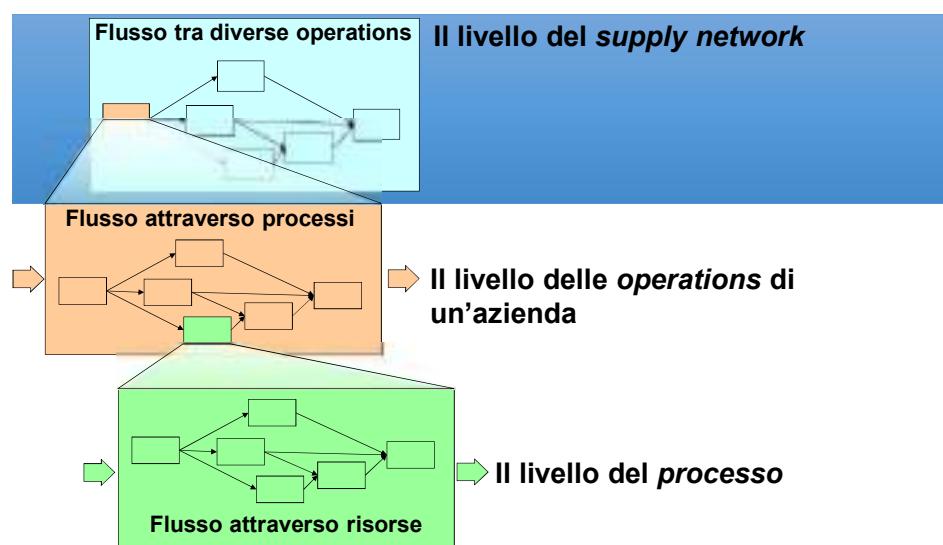


Perchè il SCM è così importante?



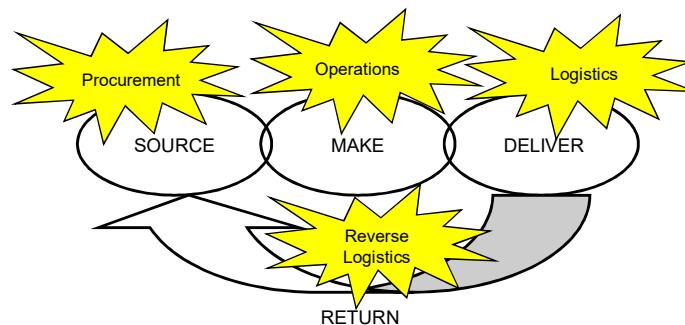
La prospettiva di processo

Tre principali livelli di analisi



Cos'è il Supply Chain Management?

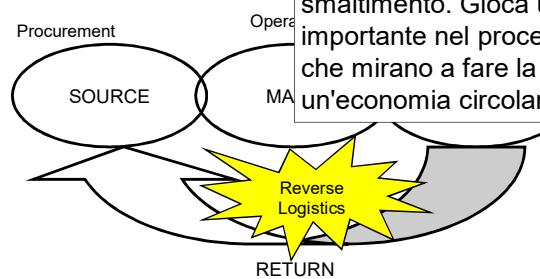
- Garantire che l'azienda sia rifornita di ciò di cui ha bisogno, in modo che possa offrire al mercato ciò che vende.



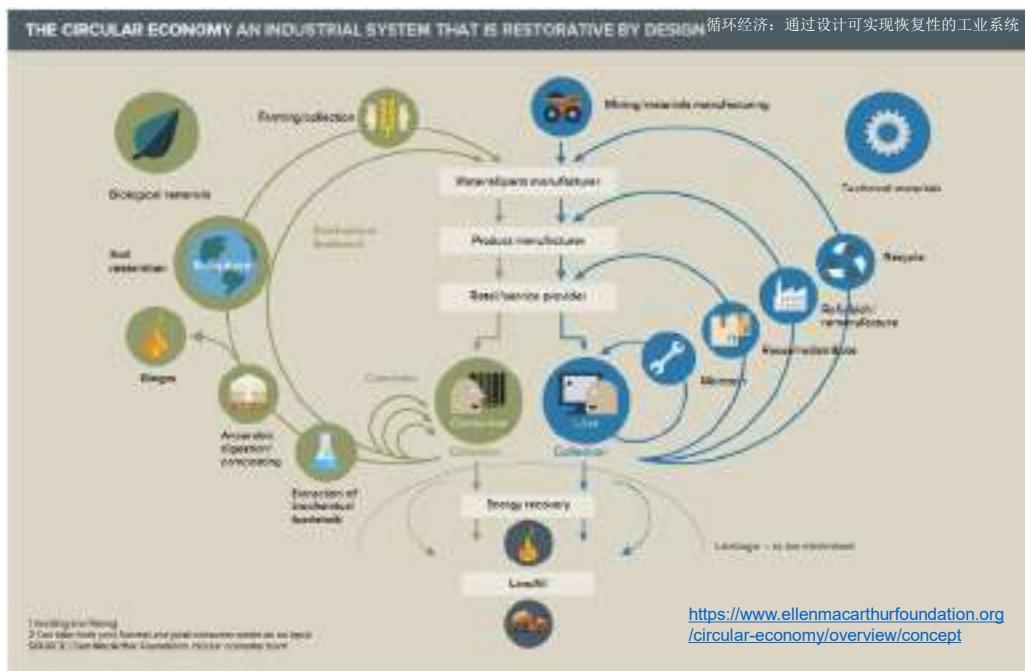
Cos'è il Supply Chain Management?

- Garantire che l'azienda sia rifornita di ciò di cui ha bisogno, in modo che possa offrire al mercato ciò che vende.

La logistica inversa implica la raccolta di beni, il loro trasporto verso una determinata località e la selezione prima della rifabbricazione, del rinnovo, del riutilizzo o del riciclaggio, o in mancanza di queste opzioni, dello smaltimento. Gioca un ruolo importante nel processo delle aziende che mirano a fare la transizione verso un'economia circolare.



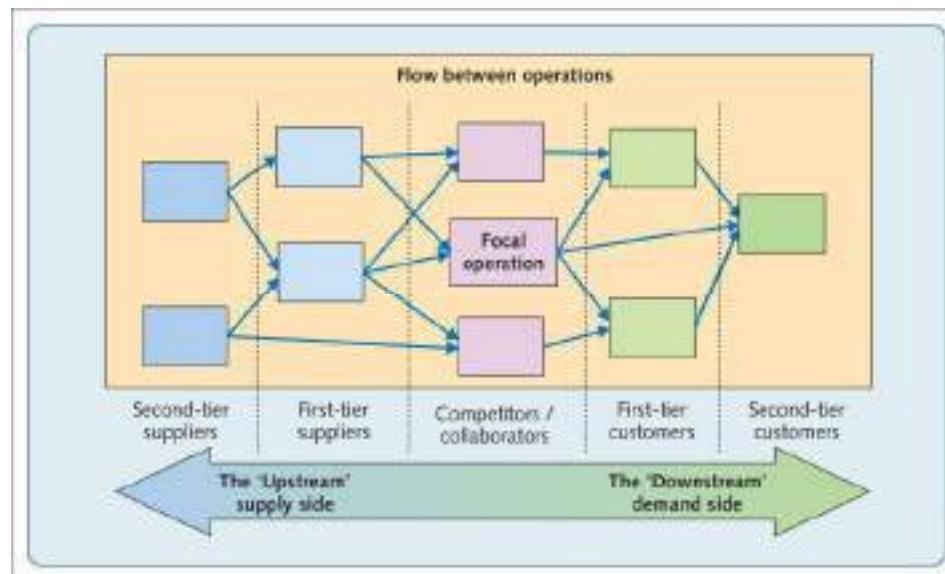
Il futuro è circolare!



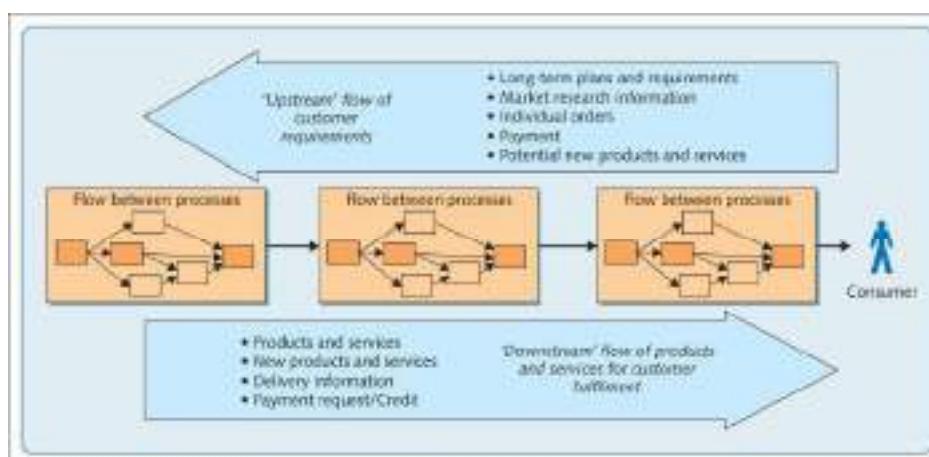
In cosa consiste una Supply Chain?

- "Una catena di approvvigionamento consiste in tutte le parti coinvolte, direttamente o indirettamente, nel soddisfacimento di una richiesta del cliente" (Chopra e Meindl, 2004).
- Includendo: produttori, fornitori, trasportatori, magazzini, rivenditori e clienti.
- Flussi di prodotti, finanze, informazioni e servizi.

Supply network

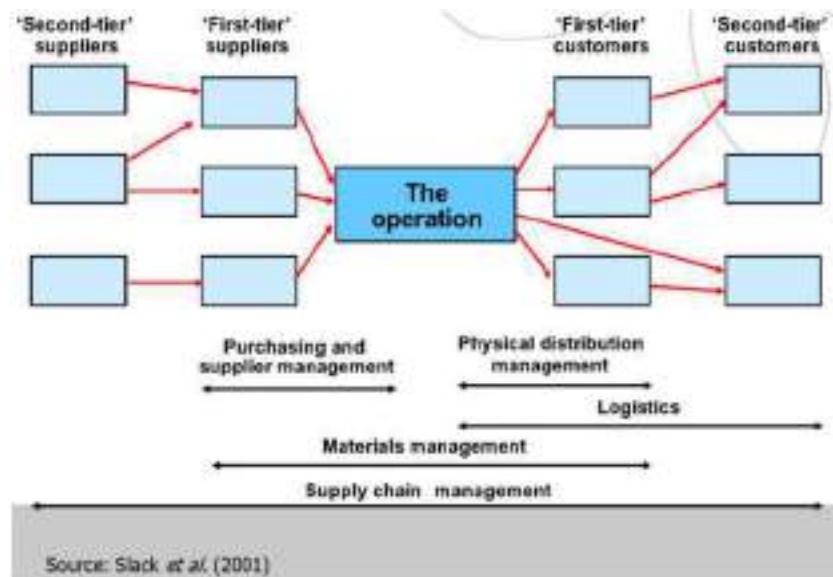


La gestione dei flussi



La gestione della catena di approvvigionamento riguarda sia il flusso di informazioni che il flusso di prodotti e servizi.

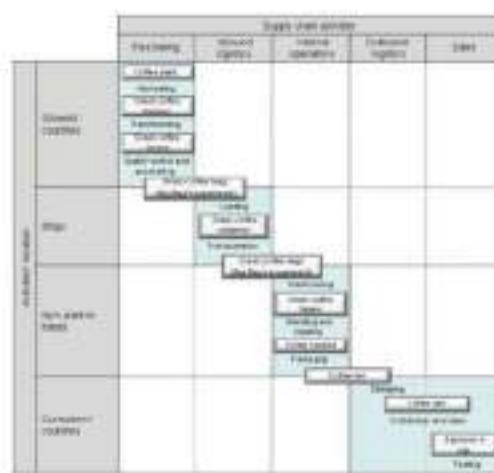
Terminologia



Alcune altre definizioni...

Autore	Definizione
Tay et al. (1990)	Supply chain management encompasses material/supply management from the supply of basic raw materials to final product and possible recycling and re-use. Supply chain management focuses on how firms utilize their suppliers' processes, technology and capability to enhance competitive advantage. It is a management philosophy that extends traditional intra-enterprise activities by bringing trading partners together with the common goal of optimization and efficiency.
Berry et al. (1998)	Supply-chain management aims at building trust, exchanging information on market needs, developing new products, and reducing the supplier base to a particular OEM (original equipment manufacturer) so as to release management resources for developing meaningful long-term relationship.
Jones and Riley (1993)	An integrative approach to dealing with the planning and control of the materials flow from supplier to end-user.
Sanderson (1993)	External Chain is the total chain of exchange from original source of raw material, through the various firms involved in extracting and processing raw materials, manufacturing, assembling, classifying and retailing to ultimate end customer.
Eliel (1990)	A network of firms interacting to deliver product or service to the end customer; linking flows from raw material supply to final delivery.
Christopher (1990)	Network of organisations that are involved, through upstream and downstream linkages, in the different processes and activities that produce value in the form of products and services in the hands of the ultimate consumer.
Lee and Billington (1992)	Networks of manufacturing and distribution sites that process raw materials, transform them into intermediate and finished products, and distribute the finished products to customers.
Kopraak (1997)	The art of entities, including suppliers, logistics service providers, manufacturers, distributors and retailers, through which materials, products and information flow.
Lee and Ng (1997)	A network of entities that starts with the suppliers' supplier and ends with the customers' customer; the production and delivery of goods and services.

La supply chain di Illy



Biotto, M., De Toni, A. F., & Nonino, F. (2012). Knowledge and cultural diffusion along the supply chain as drivers of product quality improvement. *The International Journal of Logistics Management*.

La supply chain di Illy

Supply chain activities					
	Procurement	Sales	Customer relationship management	Logistics	Information systems
Supply chain activities	<ul style="list-style-type: none"> - Procurement - Raw material procurement - Processing - Sales - Customer relationship management - Logistics 				
Information systems					
Procurement	<ul style="list-style-type: none"> - Procurement - Raw material procurement - Processing - Sales - Customer relationship management - Logistics 				
Information systems					
Processing	<ul style="list-style-type: none"> - Procurement - Raw material procurement - Processing - Sales - Customer relationship management - Logistics 				
Information systems					
Sales					
Customer relationship management					
Logistics					
Information systems					

Biotto, M., De Toni, A. F., & Nonino, F. (2012). Knowledge and cultural diffusion along the supply chain as drivers of product quality improvement. *The International Journal of Logistics Management*.

Qual è l'obiettivo del Supply Chain Management?

- La gestione della catena di approvvigionamento si occupa dell'integrazione efficiente di fornitori, fabbriche, magazzini e negozi in modo che la merce venga prodotta e distribuita:
 - Nelle quantità giuste
 - Nei luoghi giusti
 - Nel momento giusto
- Per
 - Minimizzare il costo totale del sistema
 - Soddisfare i requisiti del servizio clienti

Tuttavia, questa integrazione è complessa, a causa della natura complessa delle catene di approvvigionamento.

La complessità nella gestione della supply chain

Il solo 787 ha circa 2,3 milioni di parti. Alcune, come la fusoliera, sono costruite dalla Boeing. Altri componenti, come il carrello di atterraggio, vengono esternalizzati a un fornitore per la loro realizzazione. Boeing ha un processo di ispezione molto accurato per garantire la massima qualità su ogni parte che arriva nelle nostre fabbriche.



Boeing ha una relazione con 5.400 fabbriche fornitori, inclusi i fornitori di secondo livello.

- Nel 2012 sono stati acquisiti oltre 750 milioni di componenti e assemblaggi.
- 500.000 persone sono impiegate attraverso la catena di approvvigionamento di Boeing.

La gestione strategica della supply chain



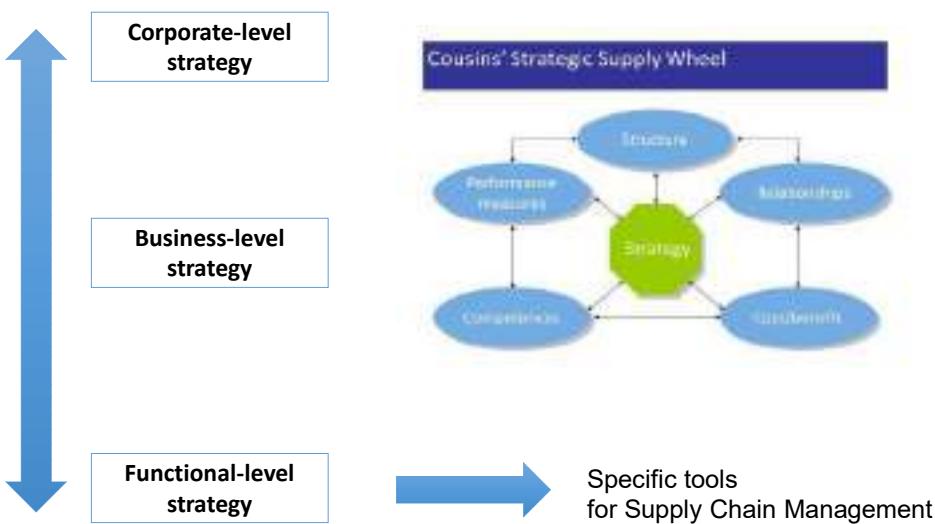
Prof. Marco Formentini

Quali sono secondo voi gli obiettivi chiave nella gestione della supply chain?



Adattato da: Melnyk et al. (2010)

Il processo di allineamento strategico



Decisioni strategiche a livello di supply chain

Più recentemente nel 2022....



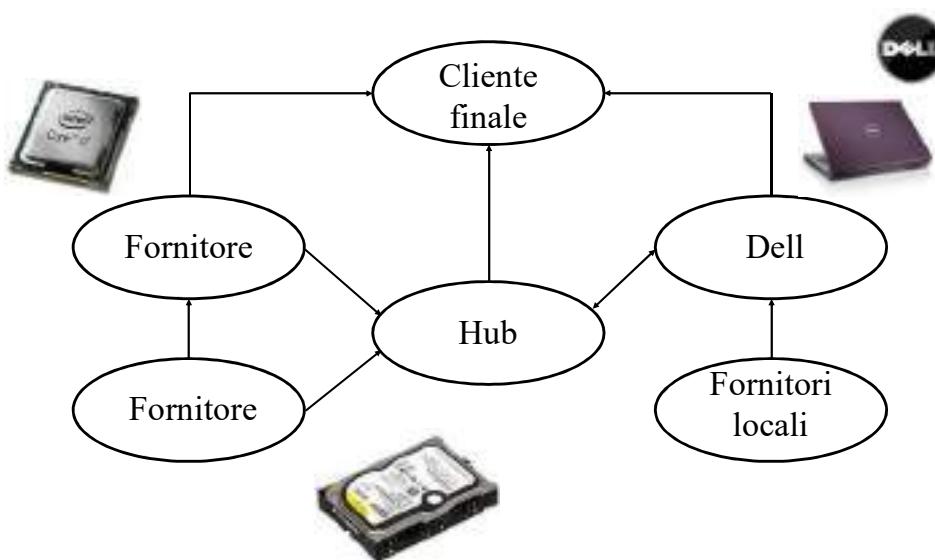
<http://www.bbc.co.uk/news/business-38853640>

<https://qz.com/india/2008187/apples-iphone-factories-in-india-take-a-hit-due-to-covid-19/>

Dell case study



Un esempio di gestione strategica: Dell Direct Model



Le sfide affrontate da Dell

- Rispetto ad altri concorrenti, Dell ha iniziato a mancare di economie di scala
- Costi più elevati della produzione locale
- Aumento della complessità
- Calo delle vendite aziendali
- Necessità di migliorare il B2C
- Dell doveva occuparsi di tutte le richieste dei clienti, dei guasti, ecc.
- Mancanza di innovazione?

La gestione della SC è complessa e dinamica!



La rivisitazione delle supply chain di Dell

DELL'S FOUR SUPPLY CHAINS

Dell Inc. created four supply chains, each dedicated to a different customer segment, but also integrated in such a way that the company could take advantage of synergies across the different supply chains.

	BUILD-TO-ORDER	BUILD-TO-PLAN	BUILD-TO-STOCK	BUILD-TO-SPEC
Customer Segment	Online/low Volume Configurations	Retail	Online/Popular Configurations	Corporate Clients
Products	Configurations defined by customers	Small number of configurations designed for market	Small number of configurations designed for market	Designed for customer
Production Batch Size	One	Large	Large	Large
Production Strategy	Assembly or de-assembly individual order	Smooth production to cut cost	Smooth production to cut cost	Quantity and schedule defined by customer order
Finalized Goods Inventory	No	Yes (at retail)	Yes (at Dell)	No
Lead Time	Slow (as to achieve responsiveness)	Long (known to include shipping cost)	Long (known from manufacturing to stocking locations and short travel to customer locations)	Long (known to reduce shipping cost)
Planning Horizon	Short	Long	Medium	Long

<http://www.industryweek.com/blog/dell-reinvents-its-supply-chain>

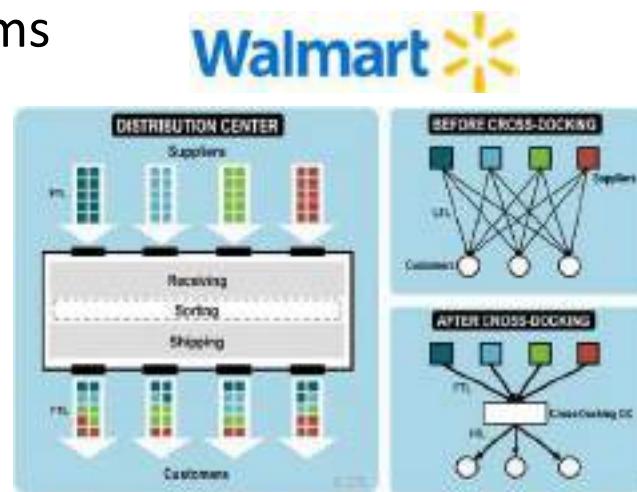
Le strategie per il SCM

Le principali strategie e tecniche per la gestione delle supply chain si focalizzano su due importanti aspetti:

- L'ottimizzazione globale
- La gestione dell'incertezza

Strumenti e strategie per l'ottimizzazione

- Decision Support Systems
- Inventory Control
- Network Design
- Design for Logistics
- Cross Docking



Perchè l'ottimizzazione è complessa?

- Le supply chain sono entità complesse (CAS)
- Differenti attori possono avere obiettivi contrastanti
- La supply chain è un sistema dinamico
 - La struttura del potere e delle relazioni può cambiare (e.g. HTC)
- Il sistema può variare nel tempo

Il bilanciamento del potere cambia...

THE WALL STREET JOURNAL.
Home News U.S. World Business Books Style Money Service Arts 106
Suppliers Thwart HTC's Smartphone Comeback

By LORRAINE HERZOG
Mar. 13, 2013 8:05 p.m. ET
HTC Corp., once plotting its independence from Google's Android mobile platform, is being thwarted by suppliers that still view Apple Inc. and Samsung Electronics Co. as more profitable partners than HTC. The smartphone maker's previously successful alliance with Taiwan's Foxconn Technology Group has soured.

HTC has previously built the bulk of the smartphone, and for the One, a different line of suppliers contributed to shortages of some parts, including special touch-panel screen parts. The supplier has now challenged



Il lancio dello smartphone HTC One è stato ritardato in quanto i fornitori non percepiscono più l'azienda HTC come un produttore di primo piano!

Strumenti e approcci per l'ottimizzazione globale

- Le principali tecniche di ottimizzazione (focus di un altro modulo)
- Alliance strategiche/Partnership con fornitori
 - VMIs
- Contratti di fornitura/Incentivi

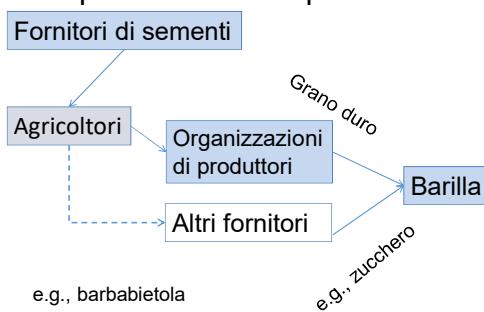


VMIs

Gli obiettivi di sostenibilità di Barilla Un esempio di contratti di supply chain



- 2020 goals
 - Raddoppiare il fatturato
 - Ridurre del 50% la CO₂ nella supply chain
- Sviluppato un approccio "integrato" nel processo di acquisto
 - DSS
 - Supply chain contracts



Incertezza

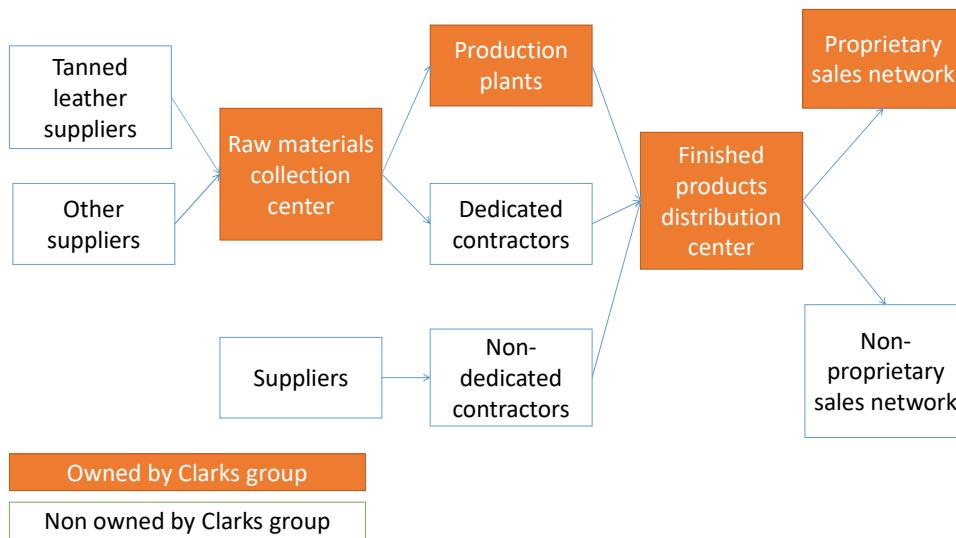
- Che cos'è la variazione?
- Che cos'è la casualità?
- Quali strumenti e approcci ci aiutano ad affrontare questi temi?

Perchè è difficile gestire l'incertezza?

- L'incontro tra domanda e offerta è difficile.
- Le previsioni non risolvono completamente il problema.
- I livelli delle scorte e degli ordini arretrati sono tipicamente soggetti a forti fluttuazioni lungo la catena di fornitura.
- La domanda non è l'unica fonte di incertezza:
 - Tempi di consegna
 - Rese
 - Tempi di trasporto
 - Disastri naturali
 - Disponibilità dei componenti

Clarks – supply network design

Clarks



Nuovi temi e criticità a livello strategico

- Competizione globale
- Offshoring & re-shoring (in seguito a pandemia)
- Ciclo di vita dei prodotti sempre più corti
- Nuovi canali di distribuzione low-cost e e-commerce
- Consumatori più informati
- Digital Transformation
- Sustainability & Reverse SCs

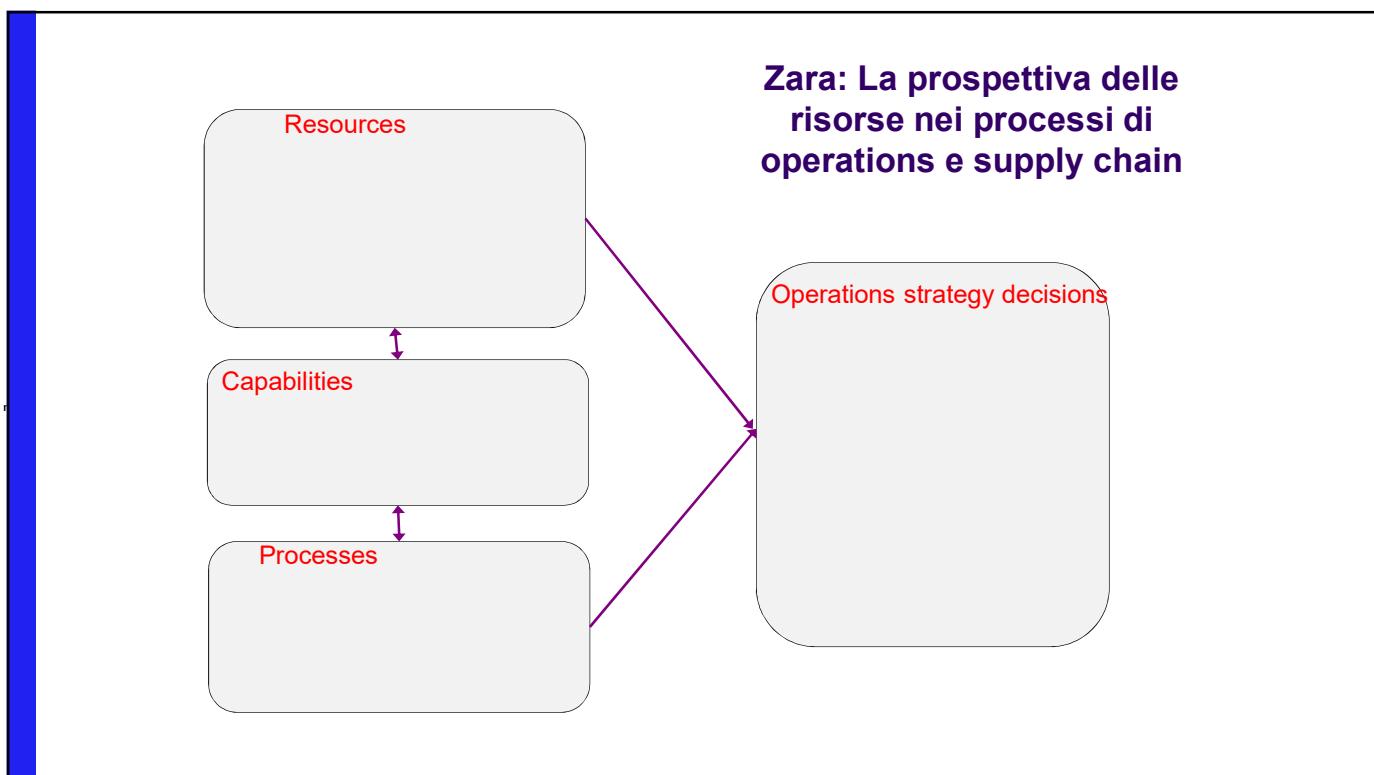
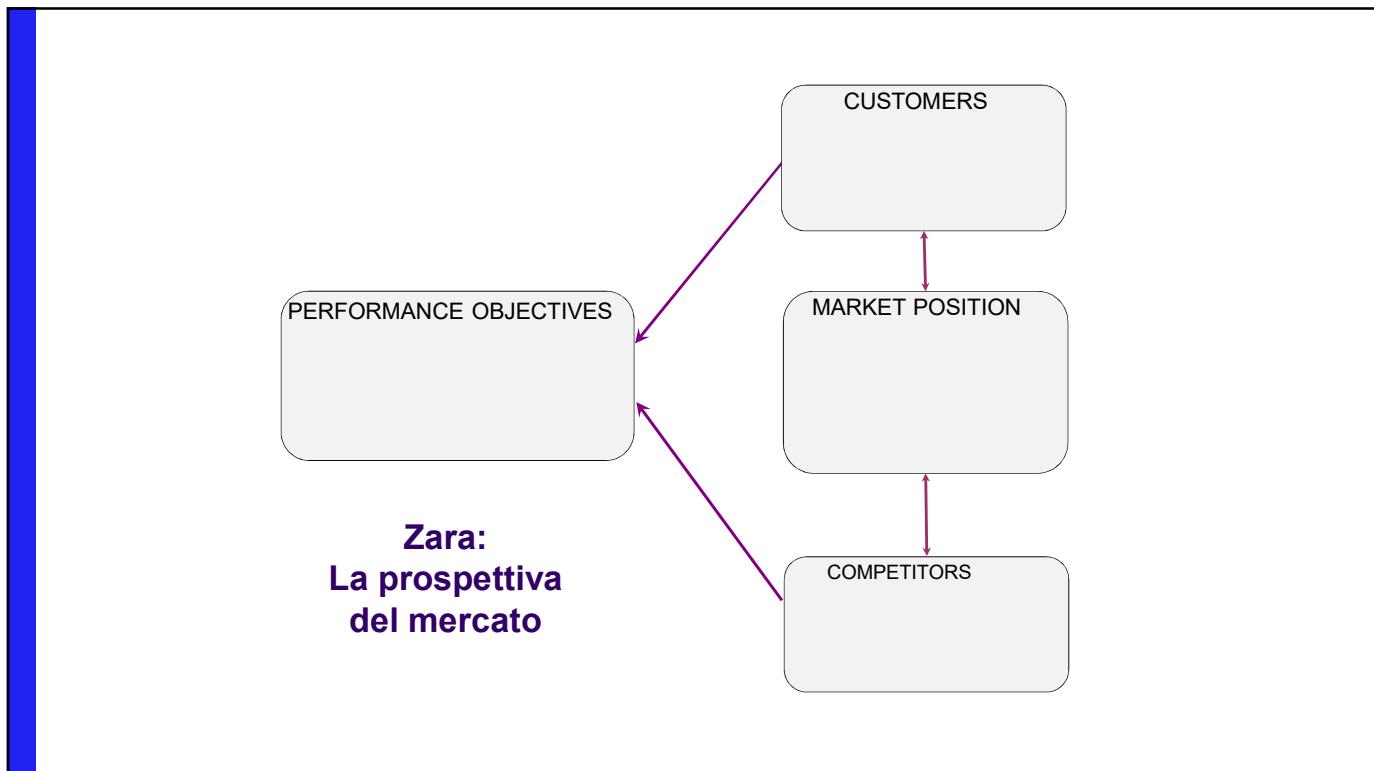
Supply chain innovation: nuovi modelli di business



Il caso studio di Zara

- Quali sono le caratteristiche di un rivenditore di moda tradizionale?
- Qual è la strategia di Zara? In cosa si differenzia?
- In che modo le operations e la gestione della supply chain di Zara supportano l'attuazione della strategia?





Supply Chain Risk Management

2010 L'eruzione del vulcano Eyjafjallajökull



<http://news.bbc.co.uk/1/hi/world/europe/8634944.stm>

Come possiamo concettualizzare il rischio?

- Rischio = Probabilità X Severità



- Quali sono le percezioni del rischio?

Quali sono i potenziali rischi a livello di supply chain?

- Basandovi sulla vostra esperienza, discutete in coppie:
 - Fornendo un esempio
 - 2 minuti

La rilevanza del risk management

- La progettazione e la gestione della supply chain hanno un importante impatto sui risultati di una disruption
- Alcuni esempi famosi:
 - Nokia vs. Ericsson (New Mexico)
 - Ford vs. Chrysler (9/11)



Il COVID-19 travolge le catene di fornitura globali

gestione della supply chain?

RUSSIA-UCRAINA

La guerra mette in crisi la supply chain dei chip: prospettive e soluzioni
Trump: dazi del 200% su champagne e vini se Ue non cancella 50% su whisky Usa. Presidente Bundesbank: dazi rischiano di farci precipitare in recessione

Coldiretti-Filiera Italia: così è a rischio 1,9 miliardi di esport

13 marzo 2025

ers call for 72-hour strike today

Issue 10 March 2025 | 12 pages | £4.99

UK - Brexit negotiations continue over the 17th hour of the meeting, potentially closing the agreement at 11pm tonight and triggering snap elections if no breakthrough is made by then.

CBC: an American television network owned by Comcast Inc.

BUSINESS

Business Week

Issue 10 March 2025 | 12 pages | £4.99

Venezuela's top beer brand



Quali sono i rischi potenziali?

- I rischi nelle catene di approvvigionamento possono essere classificati come segue:
 - Interruzione (disruption)
 - Ritardi (delay)
 - Previsioni (forecasts)
 - Proprietà intellettuale
 - Sistemi
 - Approvvigionamento
 - Crediti, magazzini e capacità produttiva...

Source: Chopra and Sodhi (2004), MIT Sloan.

Quali sono le potenziali fonti delle disruption?

- Cause:
 - Disastri naturali
 - Controversie sindacali
 - Fallimento dei fornitori
 - Atti di guerra
 - Terrorismo

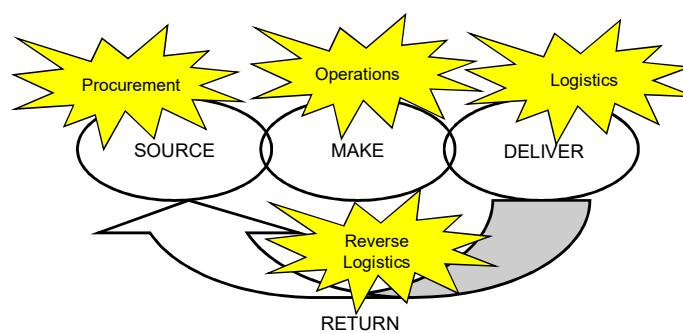
Source: Chopra and Sodhi (2004), MIT Sloan.

Quali sono le potenziali fonti delle disruption?

- **Disastro nucleare di Fukushima**
 - Nel marzo 2011 un terremoto ha colpito le coste del Giappone.
 - Seguito da uno dei peggiori disastri nucleari dopo Chernobyl.
 - Costo: 50-250 miliardi di dollari.
 - Catene di approvvigionamento interrotte in tutto il mondo, ad esempio Regno Unito, Stati Uniti, Corea. [Fonte: BBC]



In quale parte della supply chain possono avvenire disruption?



Che impatto possono avere le disruption?

the guardian

News Sport Comment Culture Business Money Life & style

News World news Japan disaster

Japanese earthquake shocks markets

Stock exchanges wobble, oil prices fall and UK gas and electricity prices rise as aftermath of nuclear disaster in the Pacific

Jeff Green and Tim Webb
The Guardian, Friday 11 March 2011 04.00 GMT



Aerial view of a flooded industrial area in Japan, showing several buildings engulfed in flames and smoke rising from the water.

Che impatto possono avere le disruption?

- Considerando l'ultimo grande terremoto in Giappone:
- L'utile di Toyota è crollato del 77% in quell'anno
- Toyota, Honda, Nissan, Mitsubishi e Isuzu hanno perso rispettivamente il 7,9%, il 6,5% e il 9,5%, l'11,8% e il 9,2% del loro valore.
- Toshiba Corporation ha perso il 16% del suo valore
- Miliardi persi in valore
- La sola Toyota vale 195 miliardi di dollari

Che impatto possono avere le disruption?

The screenshot shows a news article from Reuters. At the top, there's a red banner with the text "LIVE COVERAGE: World reaction to the death of Nelson Mandela". Below the banner, the main headline reads "JAPAN MARKETS-Nikkei futures slide, yen dips after big quake". The article summary includes points like "Nikkei futures drop nearly 5% exchange still open", "Yen dips as oil ticks up despite oil change unclear", and "Magnitude 8.9 quake hits one end of Tokyo trading floor". The author is listed as "By Shiroki Amano".

Che impatto possono avere le disruption?

- Si consideri l'ultimo grande terremoto in Giappone:
- Cosa ha causato una reazione così forte del mercato azionario?
- Costo della ricostruzione delle fabbriche
- Interruzione della catena di approvvigionamento
- Ordini non soddisfatti
- È difficile distinguere l'effetto di questi fattori sul valore dell'azienda.

UK car production recovers after Japan earthquake
Car production in the UK located back last month as manufacturers recovered from disruption caused by the Japanese earthquake.



Come si possono evitare le disruption?

- Discutete in gruppi le modalità disponibili per evitare interruzioni nella catena di fornitura.
 - Considerate un contesto a voi familiare
 - Pensate in termini di:
 - ✓ Fornitori
 - ✓ Attività produttive

Come si possono evitare le disruption?

- Nel 2000 un fulmine colpisce una linea elettrica ad Albuquerque, Nuovo Messico
- Incendio in uno stabilimento locale di proprietà di Royal Philips Electronics, N.V.
- Nokia ricorre a fonti alternative, ovvero ad altri stabilimenti Philips e a fornitori statunitensi e giapponesi.
- La produzione di Ericsson si è fermata per mesi (strategia di single-sourcing).



Come si possono evitare le disruption?

- Aumentare le scorte
- Il magazzino può agire come cuscinetto (buffer)
- Tuttavia, ci sono dei costi associati...
 - Costi di magazzino
 - Costi di obsolescenza
 - Costi di assicurazione
 - Costo del capitale/costi di opportunità
- **È sempre una buona idea secondo voi?**

Come si possono evitare le disruption?

- Diversificazione
 - «Non mettere tutte le uova in un solo cestino».
 - Evitare di concentrare fabbriche e fornitori in un solo Paese.
 - È molto probabile che gli eventi rari non si verifichino in due luoghi allo stesso tempo.

Fonti di ritardo

- I ritardi sono più comuni delle interruzioni
- Tuttavia, il loro impatto sulle catene di fornitura è minore...
- I ritardi possono essere molto dannosi per il funzionamento di una catena di fornitura
- I fornitori non possono soddisfare la domanda
- Le fabbriche non possono soddisfare la domanda
- Ritardi nelle consegne

Gestire i ritardi

- Alcune delle strategie adottate per affrontare le interruzioni aiutano anche a gestire i ritardi
- Tenere più scorte
- Diversificazione dei fornitori
- Fornitori maggiormente affidabili in prossimità delle fabbriche
- Diversificare la produzione

Gestire i ritardi

- Altre strategie...
- Capacità produttiva in eccesso (flessibile)
- In Toyota, alcuni dipendenti possono operare su qualsiasi stazione del processo produttivo (intercambiabilità).
- Se un dipendente è assente, almeno altri due sono in grado di svolgere il suo lavoro.

Gestire i ritardi

- Altre strategie...
- Creare modi alternativi per spedire i prodotti o componenti
- Componenti di alto valore spediti per via aerea (trade-off tra costo e velocità di consegna).

Previsioni

- Errori a livello previsionale
- Differenza tra domanda attesa e domanda realizzata
 - Domanda non soddisfatta (costi di opportunità)
 - Prodotti invenduti (costo)

Come evitare gli errori di previsione?

- Aumentare i magazzini
- A volte una buona strategia per i prodotti «funzionali» (prodotti alimentari, prodotti comuni, standardizzati)?
- Non così buona per i prodotti «innovativi». Non è una buona idea per l'abbigliamento...

Come evitare gli errori di previsione?

- Migliorare le previsioni
- Otttenere informazioni online direttamente dal rivenditore
 - ad esempio Zara
- Condividere le informazioni con i fornitori (es. VMI)
- Investire in tecnologia (es. nuovi algoritmi basati su AI)

Come evitare gli errori di previsione?

- Posticipare l'assemblaggio (post-ponement)
- Utilizzo di modularità nello sviluppo prodotto
- Ad esempio, gli orologi Swatch sono realizzati, in larga misura, con gli stessi componenti di base, utilizzando standardizzazione e modularità
- Se un modello non viene venduto, è probabile che altri lo facciano.
- McDonald's usa il post-ponement... Come?

Come evitare gli errori di previsione?



Come minimizzare gli errori di previsione?

- Agile manufacturing
- Se le vendite sono più o meno numerose, aumentare/diminuire la capacità produttiva.
- Anche in questo caso, mantenendo disponibile una certa capacità produttiva di riserva
- Contratti flessibili con i produttori
- Spostare le risorse produttive su un altro prodotto

Rischi legati alla proprietà intellettuale



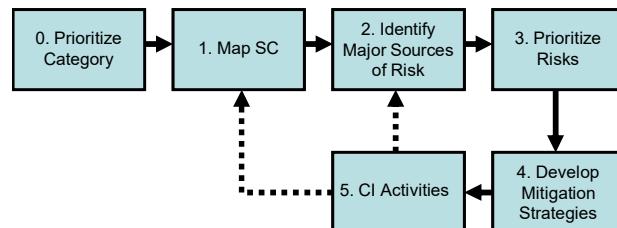
Possiamo predire i “failure”?

- Con difficoltà...
- Ampiezza e diversità di rischi...
- Assenza di informazioni...
- Complessità e interazione tra i rischi...



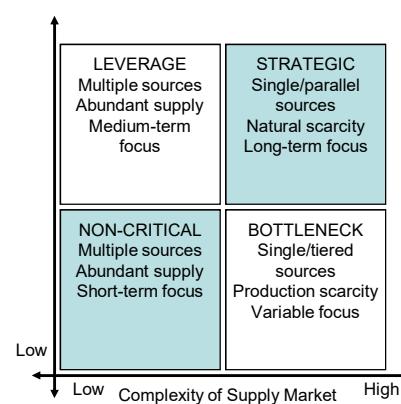
Un modello per il Supply Chain Risk Management

- Step iniziale: definire le priorità a livello di classi merceologiche acquistate
- Mappare la supply chain
- Identificare le principali fonti di rischio
- Definire un ranking di priorità dei rischi
- Sviluppare strategie di mitigazione del rischio
- Implementare attività di miglioramento continuo (feedback loop)

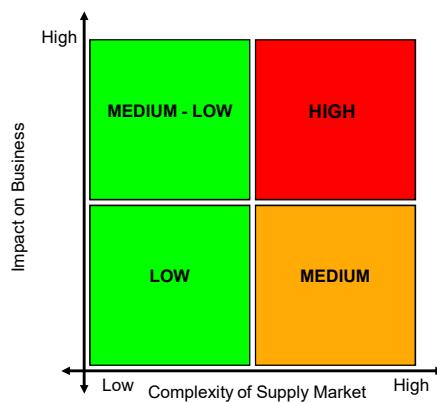


Utilizzare il Category Management per definire le priorità nel Risk Management

- Utilizzo della Matrice di Kraljic
- Verrà approfondita nel modulo di Gestione degli Acquisti e dei Fornitori

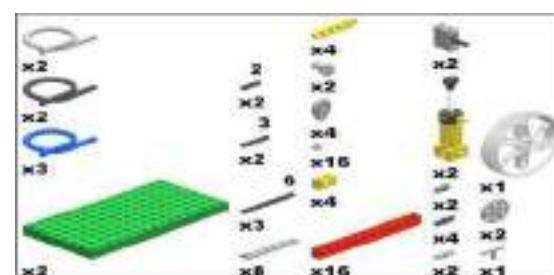


Passo iniziale: definire le priorità a livello di classi merceologiche acquistate



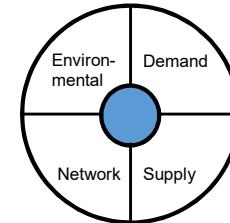
Passo 1: Mappatura della supply chain

- Utilizzo della distinta base nel sistema MRP
- Problemi:
- Fino a che punto è possibile mappare la rete (visibilità)?



Passo 2: Identificare le fonti di rischio

- Utilizzare la classificazione delle fonti di rischio discussa in precedenza



- Utilizzare l'analisi dei modi e degli effetti dei guasti (FMEA) per strutturare il processo
 - Cosa potrebbe andare storto?
 - Che effetto avrebbe questo guasto?
 - Quali sono le cause principali di questo guasto?

Esempio: Tabella delle fonti di rischio

Processo	Tipologia di rischio	Effetto	Causa
Fornitura	Ritardo di consegna	Stop produzione	Lead time del fornitore
Fornitura	Interruzione di consegna	Stop produzione	Unico fornitore disponibile sul mercato
Domanda	Riduzione della domanda	Eccesso di magazzino	Cambio nelle preferenze dei clienti
...

Passo 3: Definire le priorità di rischio usando FMEA

- Valutare i possibili guasti in base a tre criteri:
 - Qual è la **gravità** dell'effetto dell'interruzione?
 - Quanto è **probabile** che questa interruzione si verifichi?
 - Quanto è probabile che l'interruzione venga **rilevata**?
- A ciascun fattore viene assegnato un punteggio da 1 a 10
- Moltiplicando i punteggi si ottiene un “punteggio di priorità del rischio” su 1000
- Iniziate ad occuparvi dei rischi con i punteggi più alti.

Passo 4: Sviluppare strategie di mitigazione

Ridondanza	Flessibilità
<p>1. Aumentare le scorte di sicurezza (safety stock)</p> <ul style="list-style-type: none">• Creare un buffer per tamponare l'incertezza e la variabilità tra domanda e offerta• Ridurre snellimento <p>2. Aumentare capacità produttiva in eccesso</p> <ul style="list-style-type: none">• Equivale a livello operativo all'aumento di safety stock• A livello interno o di supply netowrk	<p>1. Intercambiabilità</p> <ul style="list-style-type: none">• Modularità a livello di stabilimento• Processi modulari (es. Piattaforme)• Prodotti modulari <p>2. Postponement</p> <p>3. Aumentare agilità</p> <p>4. Aumentare visibilità</p> <p>5. Decisioni “Make and buy”</p>

ESERCIZIO FMEA

- Applicate in gruppi il metodo FMEA appena presentato, utilizzando come base la mappatura di una vostra supply chain definita in precedenza.
- Segue la discussione.

Risultati chiave di apprendimento

- Concettualizzare il rischio nelle catene di fornitura
- Classificazione dei rischi della supply chain
- Strategie per affrontare le disruption
- Un metodo completo per affrontare il rischio

La gestione sostenibile della supply chain

Quali sono i problemi ambientali, sociali ed economici più urgenti che il mondo si trova ad affrontare oggi?

Il disastro petrolifero BP

- Golfo del Messico, 2010



https://www.repubblica.it/green-and-blue/2023/02/14/news/deragliamento_treno_ohio_disastro_ambientale_ferroviario-387980818/

**Il deragliamento
in Ohio e il rischio
di un disastro
ambientale a
lungo termine**



Panoramica degli ambiti di applicazione del protocollo GHG e delle emissioni lungo la catena del valore



Source:
<https://www.epa.gov/climate-leadership/scope-3-inventory-guidance>

164

The True Cost

- ...nel settore della moda



L'incidente di Rana Plaza

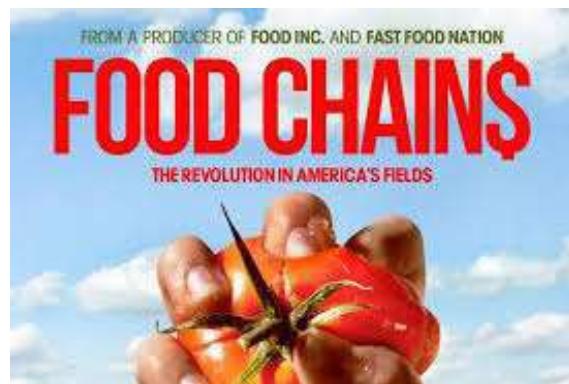
- Bangladesh, 2013



Rana Plaza

- Il crollo di una fabbrica di abbigliamento di otto piani a Rana Plaza, alla periferia di Dhaka (Bangladesh), il 24 aprile 2013, ha ucciso 1100 persone e ne ha ferite molte di più.
- È stato probabilmente il peggior incidente industriale dell'Asia meridionale e il peggiore mai avvenuto nell'industria dell'abbigliamento.
- Le vittime del Rana Plaza in Bangladesh non sono ancora state risarcite: solo sette dei 28 rivenditori legati alle fabbriche dell'edificio del Bangladesh che è crollato uccidendo 1.100 lavoratori hanno versato un fondo.
- Questioni governative: norme di sicurezza
- https://www.ilo.org/global/topics/geip/WCMS_614394/lang--en/index.htm

Food Chains



Schiavitù moderna



https://www.repubblica.it/solidarieta/equo-e-solidale/2020/06/09/news/caporalato_tomato_revolution_-258804718/

<https://video.repubblica.it/mondo-solidale/il-giusto-prezzo-viaggio-nella-filiera-del-pomodoro-l-oro-rosso-ostaggio-di-caporalato-e-gdo/342502/343092>

<https://modernslaveryregister.gov.au/statement/s/file/d06a899a-1fb6-4ec8-9f7b-1db14b09cf4b/>

170

Qual è la vostra definizione di sostenibilità?



Sostenibilità

Una definizione chiave

- Commissione Brundtland (Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo, 1987, p. 8):
- “*uno sviluppo che soddisfi i bisogni del presente senza compromettere la capacità delle generazioni future di soddisfare i loro bisogni*”.

Supply Chain Sustainability

Una prospettiva di supply chain

“La sostenibilità della catena di fornitura è la gestione degli impatti ambientali, sociali ed economici e l'incoraggiamento di buone pratiche di governance lungo tutto il ciclo di vita di beni e servizi.

L'obiettivo della sostenibilità della catena di fornitura è creare, proteggere e accrescere il valore ambientale, sociale ed economico a lungo termine per tutti gli stakeholder coinvolti nella commercializzazione di prodotti e servizi”.

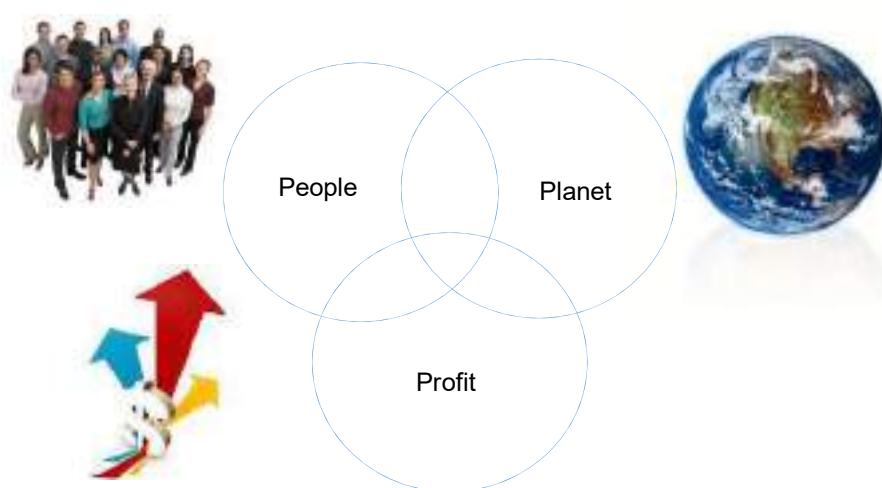
(United Nations Global Compact Report, 2010)

Supply Chain Sustainability

“l'integrazione strategica e trasparente e il raggiungimento degli obiettivi sociali, ambientali ed economici di un'organizzazione, nel coordinamento sistematico dei principali processi aziendali inter-organizzativi per il miglioramento delle prestazioni economiche a lungo termine della singola azienda e della sua catena di fornitura”.

(Carter and Rogers, 2008, p368)

Triple Bottom Line

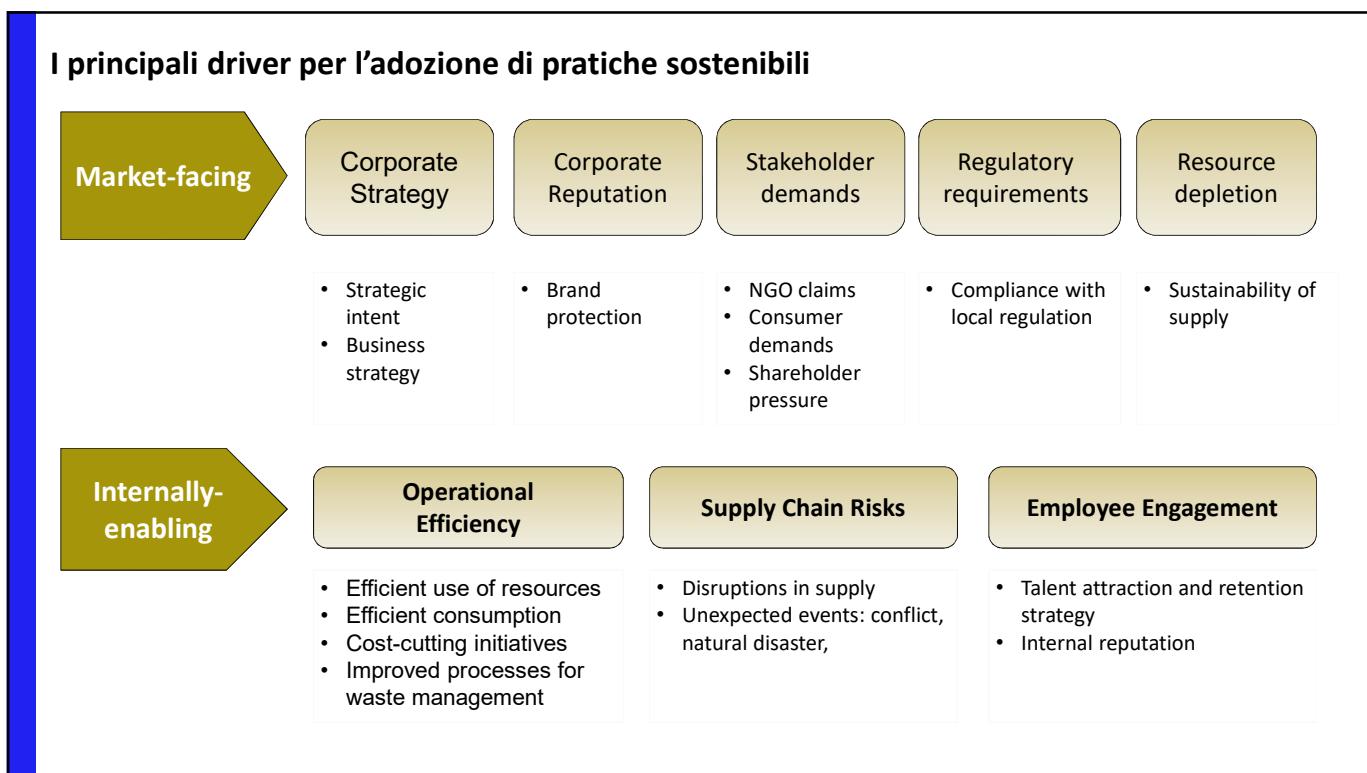


UN SDGs



Le principali sfide di sostenibilità a livello di processi di supply chain

	Sourcing / Procurement	Processing / Operations	Retail / Consumer	After-sales
Supply Chain Competitiveness issues	<ul style="list-style-type: none"> Quality Supply security Safety/Traceability Inventory levels "Origin" differentiation 	<ul style="list-style-type: none"> Quality Inventory levels Research and development investment Investors appeal 	<ul style="list-style-type: none"> Differentiation Customer/ Consumer relationship 	<ul style="list-style-type: none"> Loyalty Customer / Consumer relationships Guarantee
	<ul style="list-style-type: none"> Use of chemicals Use of natural resources Waste and packaging Local supply or overseas Transportation 	<ul style="list-style-type: none"> Emissions and waste Water, energy usage Hazardous materials Product development 	<ul style="list-style-type: none"> Transportation / Emissions Water, energy usage Waste and packaging Use of recycled inputs 	<ul style="list-style-type: none"> End-of-life management "Reverse logistics" Hazardous waste management
	<ul style="list-style-type: none"> Labor standards Fair compensation Economic traceability Local supply or overseas Access to credit 	<ul style="list-style-type: none"> Worker safety Labor relations Diversity/ Discrimination Compensation/Benefits Product development 	<ul style="list-style-type: none"> Local community Consumer / Customer information and education "Ethical marketing" 	<ul style="list-style-type: none"> Local community Customer/ Consumer privacy



Supply Chain Collaboration

Cosa significa collaborare a livello di supply chain?



Un framework per analizzare la collaborazione

Matopoulos et al. (2007)



Group activity (20 min)

- In gruppo, concentratevi sul caso a voi assegnato:
- Identificate la sfida della sostenibilità che questa azienda sta affrontando:
 - L'azienda ha una chiara strategia di sostenibilità?
 - Motivazioni/driver
 - Attuazione di azioni specifiche
 - Misurazione della performance di sostenibilità
- La cooperazione tra le aziende partner nella gestione sostenibile della catena di fornitura è sempre più necessaria.

Discussione

- La gestione sostenibile della catena di fornitura deve tenere conto di una gamma più ampia di questioni e, quindi, considerare una parte più lunga della catena di fornitura.
- La gestione sostenibile della catena di fornitura si occupa di una serie più ampia di obiettivi di performance, tenendo così conto della dimensione ambientale e sociale della sostenibilità.
- La cooperazione tra le aziende partner nella gestione sostenibile della catena di fornitura è sempre più necessaria.



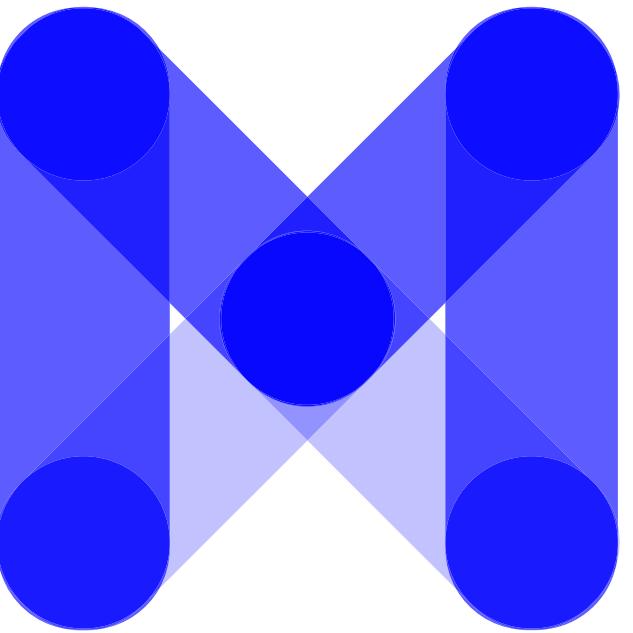
SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

Prof. Marco Formentini

marco.formentini@unitn.it

15 Marzo 2025





EMBA

***EXECUTIVE MASTER IN
BUSINESS ADMINISTRATION***



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**



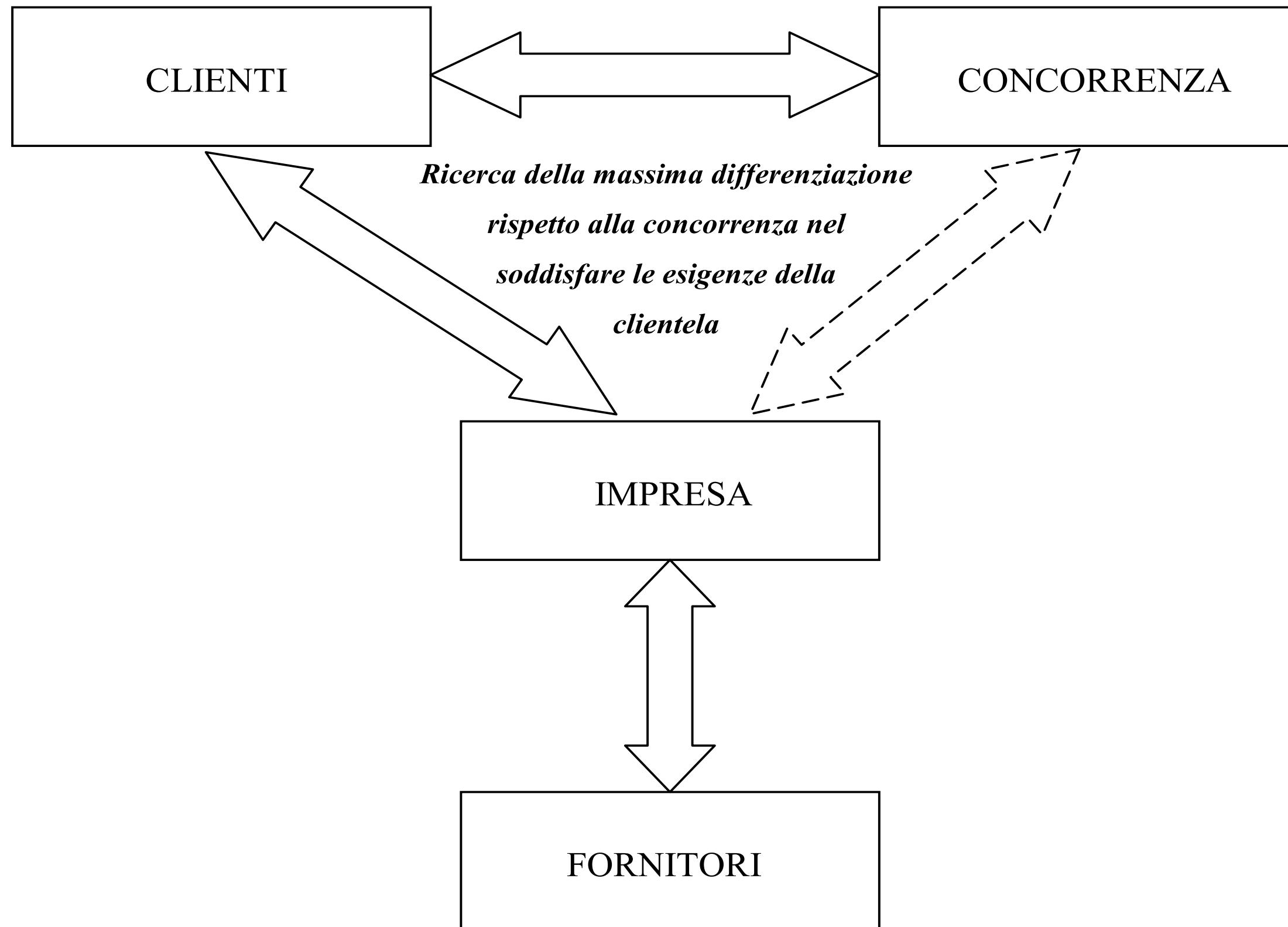
**UNIVERSITÀ
DI TRENTO**

PROGRAMMA

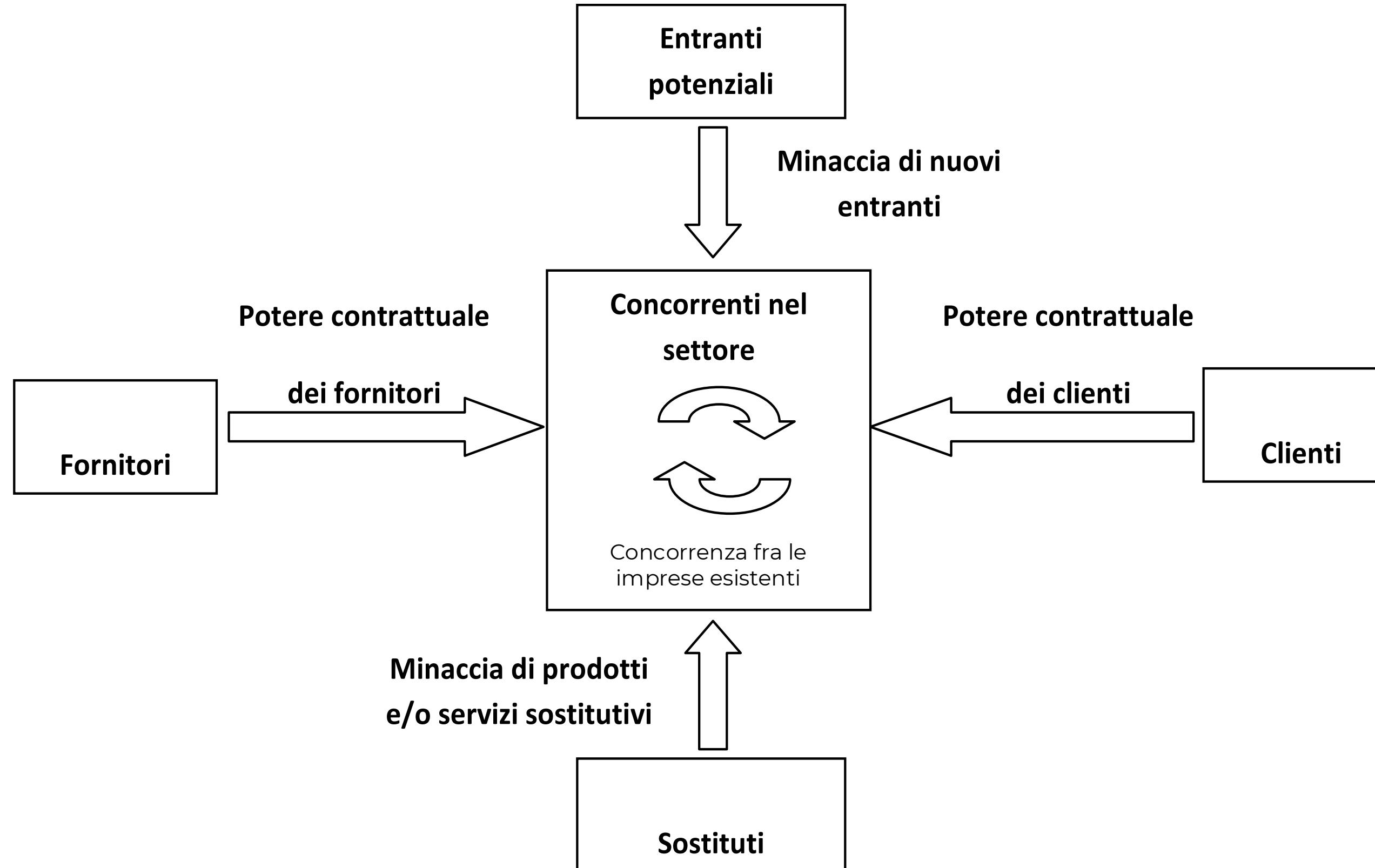
Supply Management

- La strategia competitiva
- Il processo d'acquisto
- I drivers decisionali del Supply Management
- L'Analisi strategica del contesto operativo
- Principi di valutazione dei fornitori
- Supplier Development e Supplier Improvement
- Partnership
- Principi di Supply Chain Risk Management
- Il VMI

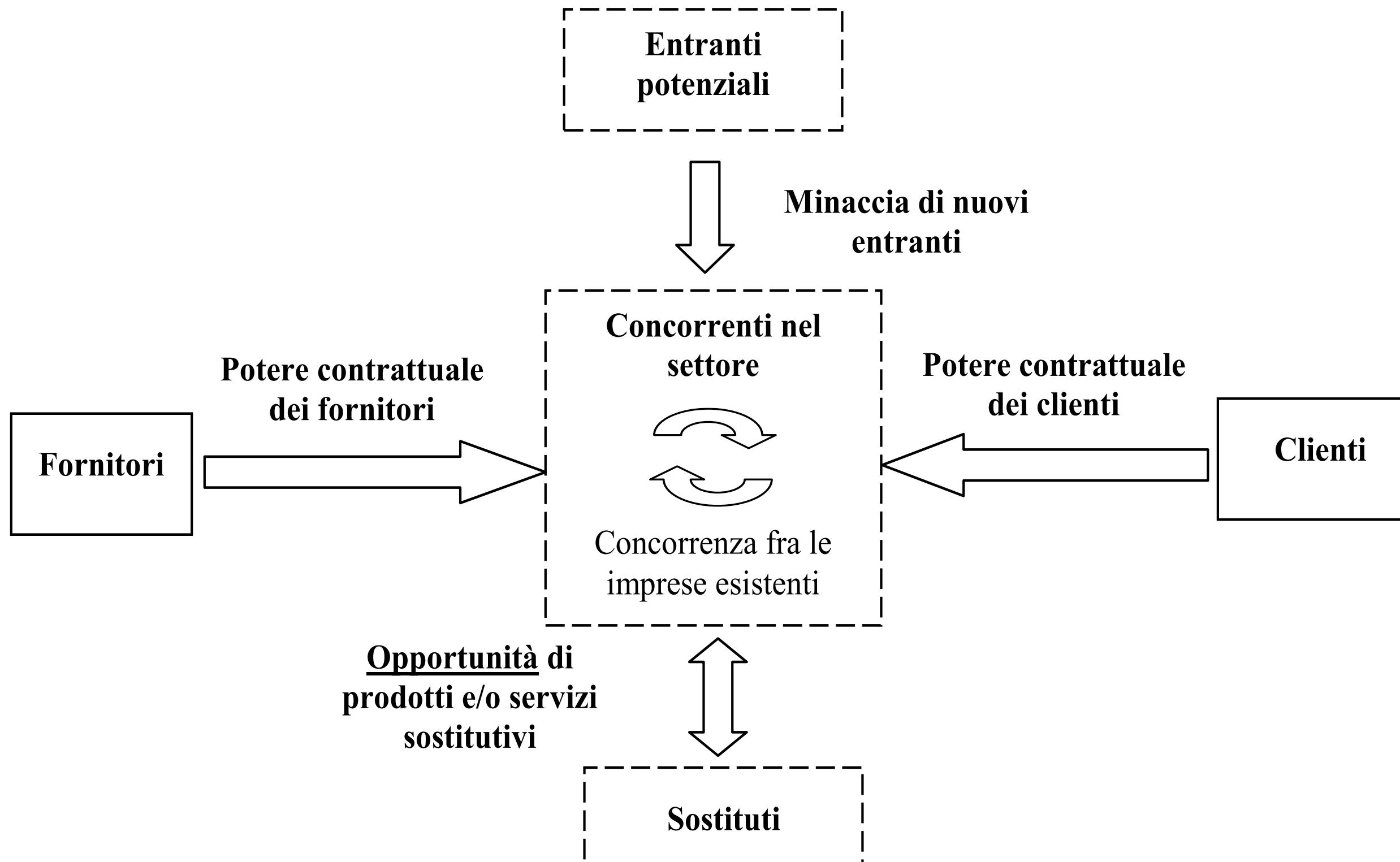
Schema inerente il paradigma della strategia competitiva



Schema delle cinque forze competitive di Porter (*)

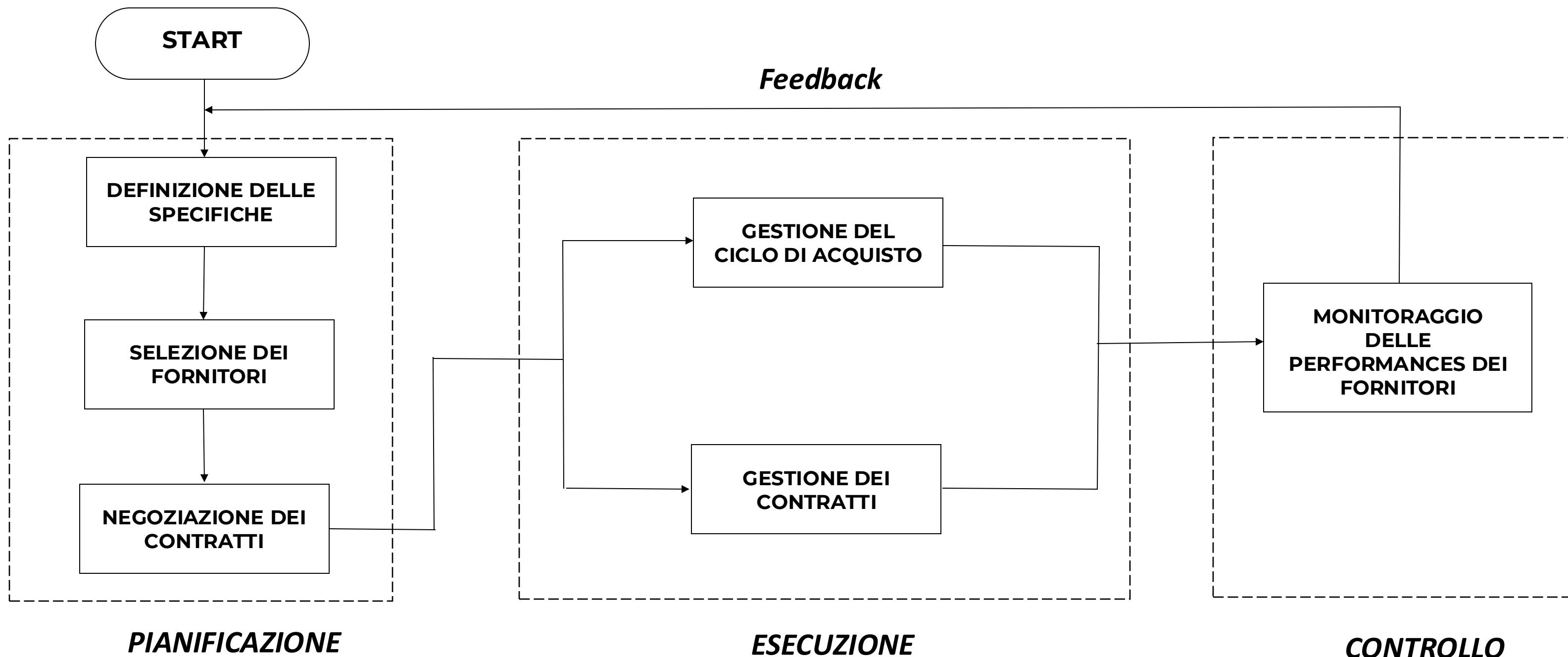


Schema inerente le cinque forze competitive di Porter, declinate sul mercato di approvvigionamento

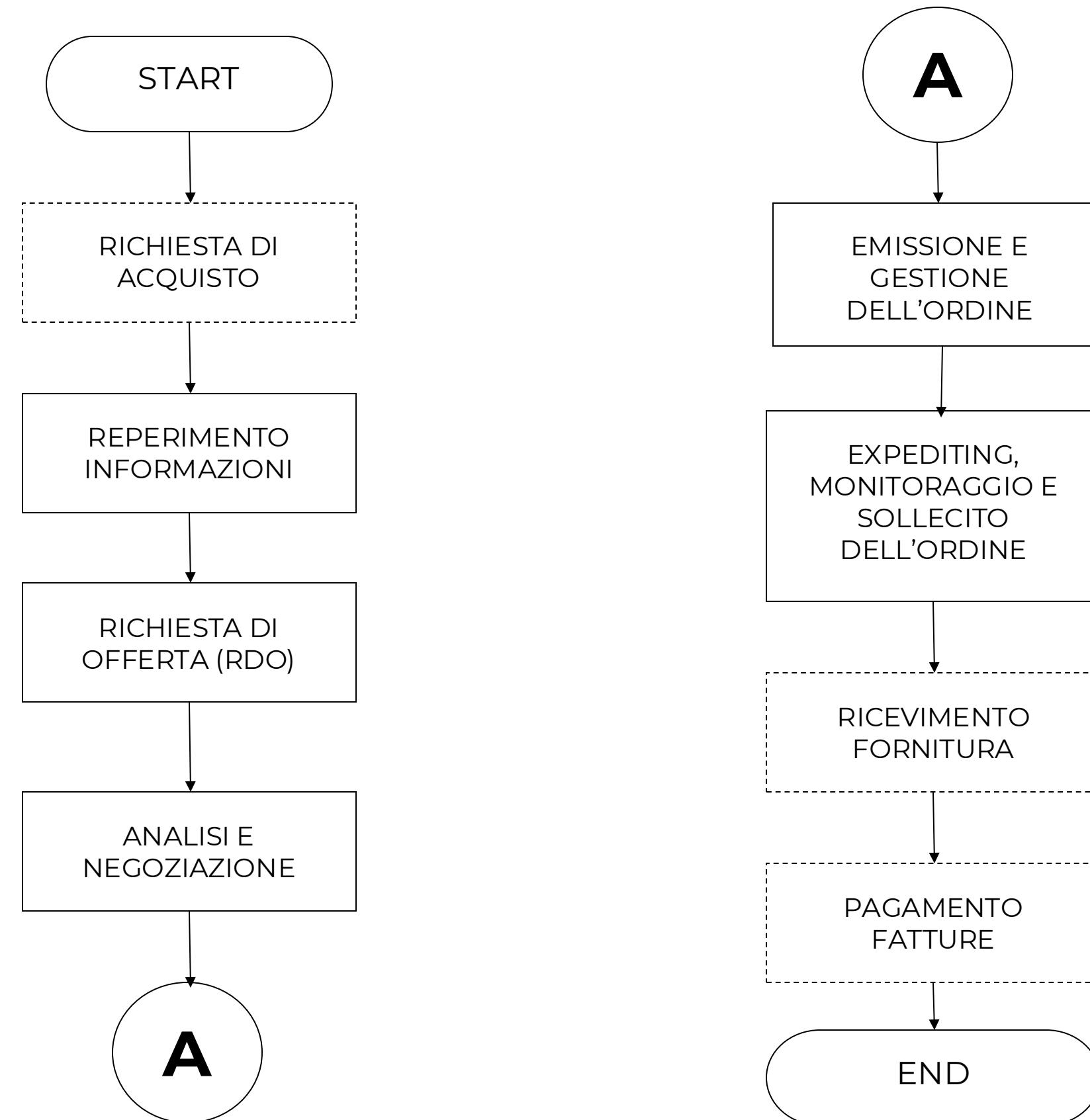


IL PROCESSO DI ACQUISTO

IL PROCESSO LOGICO DI ACQUISTO



IL PROCESSO OPERATIVO DI ACQUISTO



I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

Le domande fondamentali a cui occorre rispondere quando occorre impostare una supply base efficace ed efficiente possono essere classificate nei seguenti raggruppamenti:

- 1) *Quali fornitori?*
- 2) *Quanti fornitori?*
- 3) *Dove selezionare i fornitori?*
- 4) *Quanto tempo deve durare la relazione di fornitura?*

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

Conseguentemente le politiche di approvvigionamento dovranno essere impostate tenendo conto:

- 5) *Delle tipologie di fornitura*
- 6) *Delle tipologie di fornitori*
- 7) *Del ciclo di vita del prodotto*

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

1) *Quali Fornitori?*

Dipende dalle specifiche di prodotto, servizio e processo inerenti il bene/servizio da acquistare e dai criteri di selezione dei fornitori impostati dall'azienda interessata all'acquisto

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

2) *Quanti Fornitori?*

Multiple Sourcing:

- Si evita la dipendenza da un solo fornitore
- Si opera in un regime di concorrenza tra i fornitori favorendo l'efficienza e l'efficacia
- Si mitigano i rischi di supply disruptions
- Si aumenta la flessibilità (mix, volumi, etc....)

Single Sourcing:

- Volumi di acquisto frazionati che contrastano le economie di scala
- Duplicazione degli investimenti in attrezzature specifiche
- Processi di gestione degli acquisti più onerosi

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

3) Dove selezionare i fornitori?

Local Sourcing:

- A parità di condizioni di prezzo/prodotto
- Quando i costi logistici incidono molto
- Quando occorre mantenere un «profilo di rischio basso»
- Quando occorrono interazioni frequenti (sviluppo prodotto, etc....)
- Opportunità “politica” di interagire con l’indotto locale
- Necessità di alta frequenza e piccoli lotti

Near Shore / Off Shore Sourcing:

- Volumi di acquisto elevati che favoriscono le economie di scala
- Efficienze rilevanti non reperibili in loco
- Necessità di differenziazione delle fonti per evitare condotte opportunistiche o per mitigare rischi

I DRIVERS DECISIONALI DEL SUPPLY MANAGEMENT

4) **Quanto tempo deve durare la relazione di fornitura?**

Lungo Termine:

- Quando si ha necessità di sviluppare strategie di sconto (quantità / durata / lotti / rebates)
- Quando occorre motivare il fornitore ad investimenti specifici
- Quando si impostano politiche di miglioramento continuo e di supplier improvement
- Quando è opportuno impostare strategie di partnership

Breve Termine:

- Quando si rischiano condotte opportunistiche
- Quando occorre mantenere una elevata concorrenzialità
- Quando si vuole evitare la perdita di opportunità sui mercati di fornitura

L'ANALISI STRATEGICA DEL CONTESTO OPERATIVO

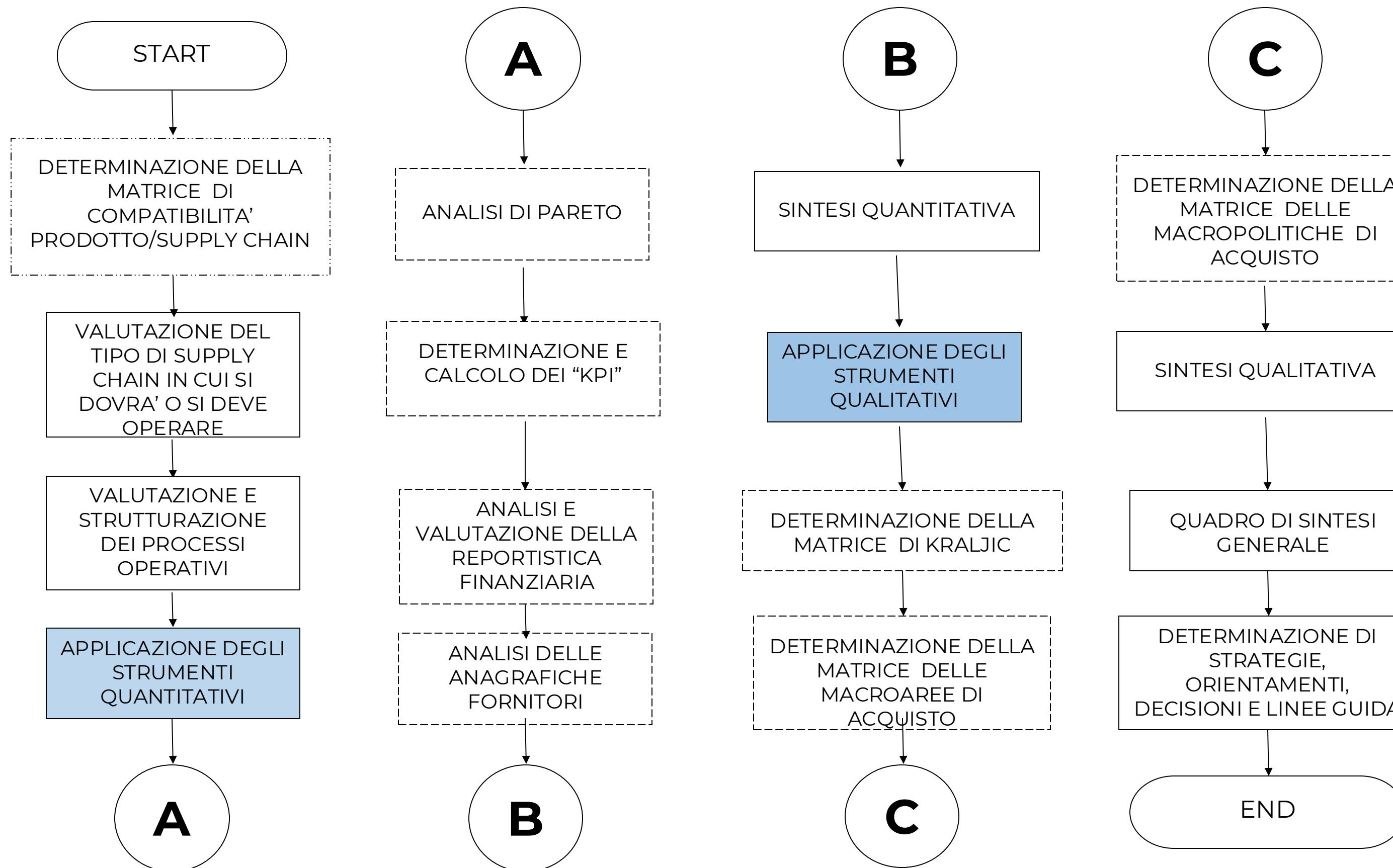
L'ANALISI STRATEGICA DEL CONTESTO OPERATIVO

L'ente preposto agli acquisti deve sempre impostare le proprie attività in modo da gestire al meglio la **VALUE CHAIN** aziendale

L'ANALISI STRATEGICA DEL CONTESTO OPERATIVO

E' quindi fondamentale essere in grado di valutare strategicamente il contesto operativo in cui si opera e le correlazioni tra le varie strategie aziendali da porre in essere

IL PROCESSO DI ANALISI E VALUTAZIONE STRATEGICA DEL CONTESTO OPERATIVO

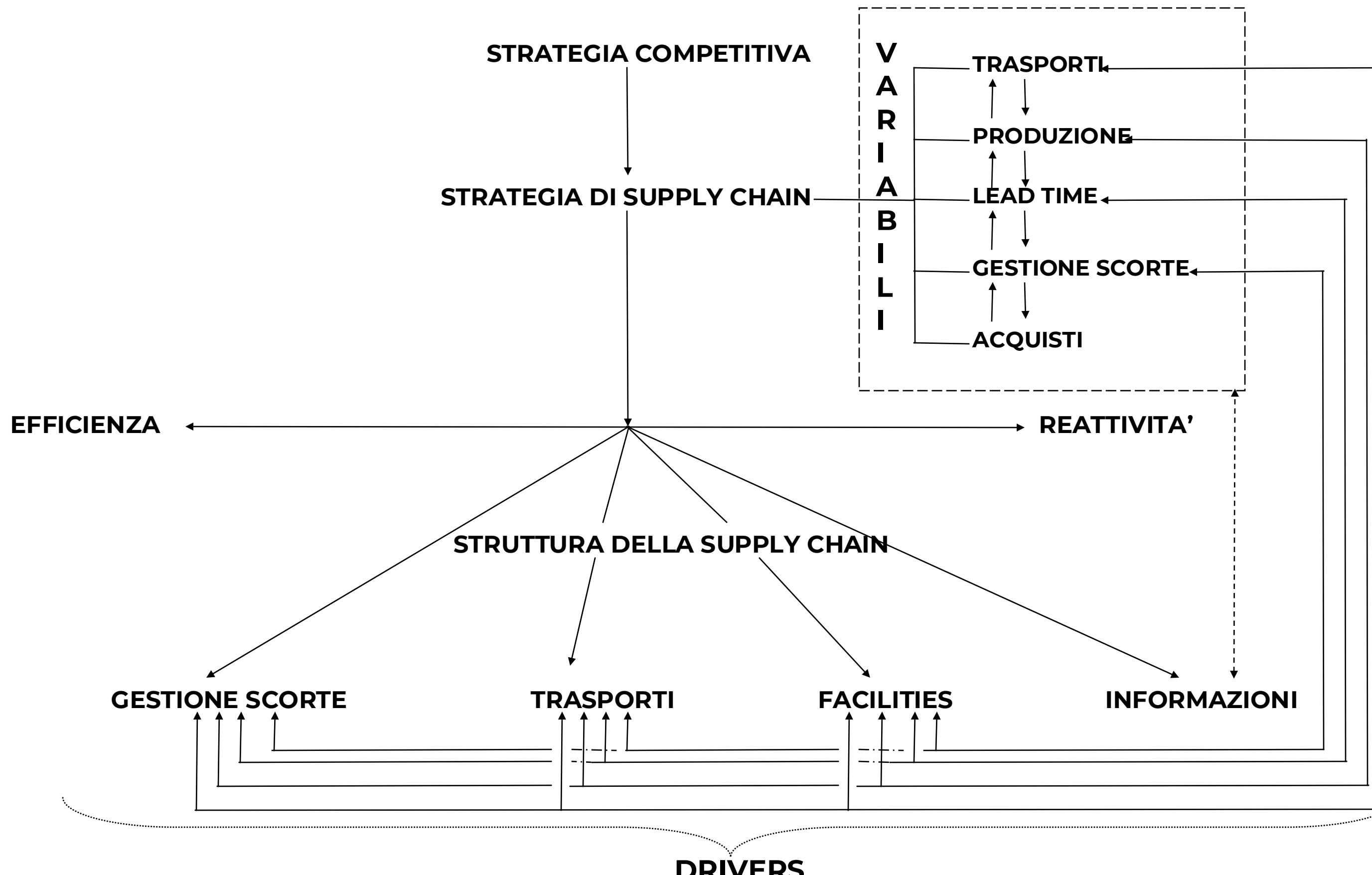


MATRICE DI COMPATIBILITA' PRODOTTO/SUPPLY CHAIN

	PRODOTTO "FUNZIONALE"	PRODOTTO "CUSTOMIZZATO"
SUPPLY CHAIN EFFICIENTE	OK	NO
SUPPLY CHAIN REATTIVA	NO	OK

Tratto, adattato e tradotto da: *What is the right supply chain for your product?* - Marshall L. Fisher – Harvard Business Review on Managing the Value Chain

Correlazione tra la strategia di Supply Chain e la strategia Competitiva Aziendale



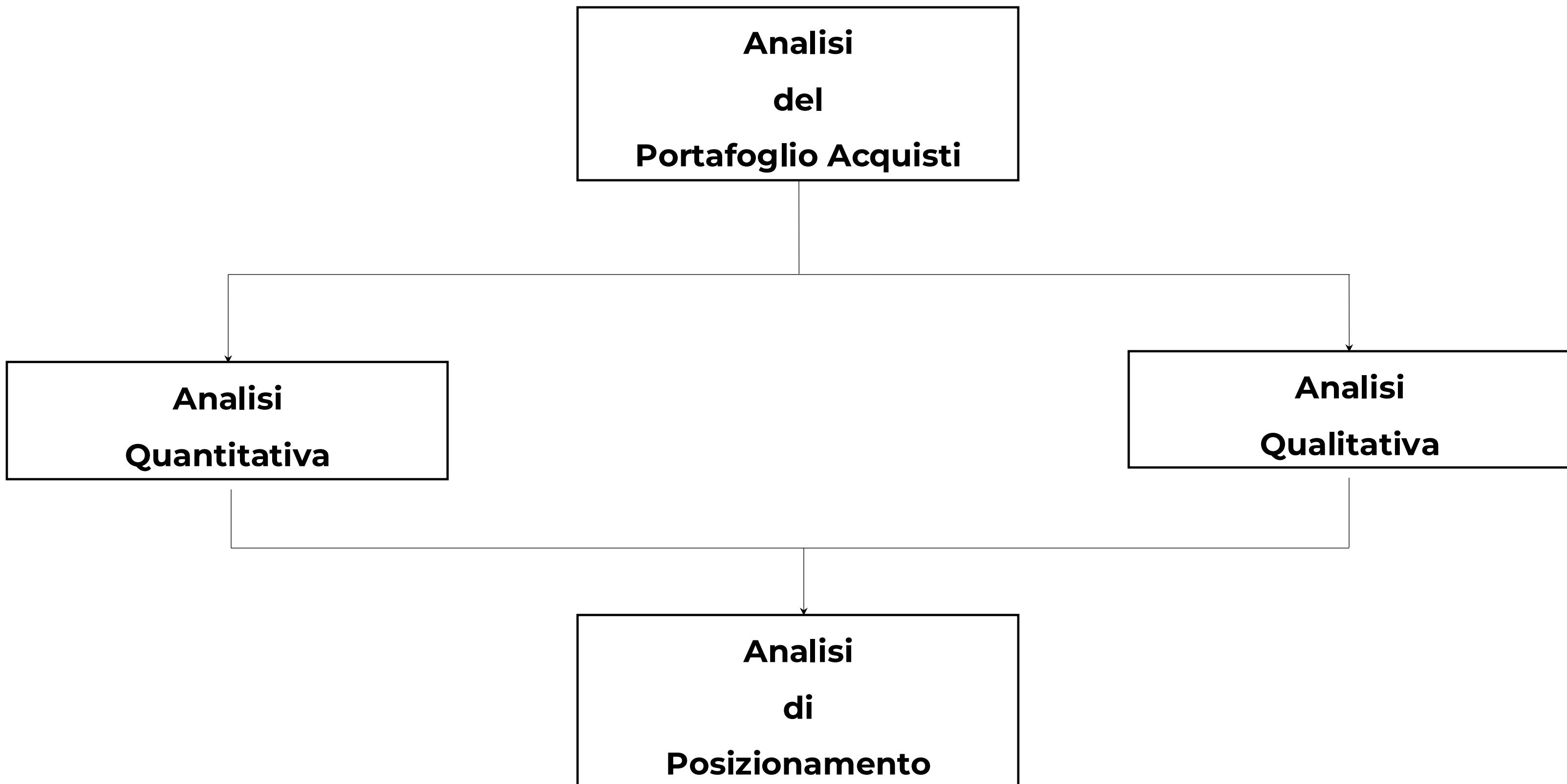
SUPPLY CHAIN EFFICIENTE E SUPPLY CHAIN REATTIVA

Spesso all'interno della stessa azienda (o gruppo) possono coesistere differenti Supply Chain e, conseguentemente, possono esistere processi focalizzati su target molto diversi

DIFFERENZE TRA PROCESSO EFFICIENTE E PROCESSO REATTIVO IN OTTICA DI SUPPLY CHAIN

	PROCESSO EFFICIENTE	PROCESSO REATTIVO
Scopo primario	Domanda di approvvigionamento prevedibile al minor costo possibile	Risposte e reazioni rapide nei confronti di una domanda imprevedibile allo scopo di minimizzare giacenze, obsolescenze e perdite di opportunità commerciali
Focus della produzione	Mantenere un elevato tasso di utilizzo dei mezzi e degli impianti di produzione	Predisporre la capacità di generare polmoni (buffer) e di impostare processi produttivi flessibili
Strategia di gestione scorte	Realizzare un'alta rotazione e minimizzare le scorte attraverso la supply chain	Predisporre polmoni (buffer) significativi di prodotti finiti e/o di parti e/o di semilavorati
Focus del lead time (tempi di consegna)	Accorciare o allungare il lead time in modo da diminuire i costi	Investire aggressivamente in modo da ridurre il lead time il più possibile
Approccio alla scelta dei fornitori	Selezione in base a prezzo e qualità	Selezione in base a velocità, flessibilità e qualità
Strategia di progettazione del prodotto	Massimizzare le performances e minimizzare i costi	Utilizzare una progettazione "modulare" in modo da posporre il più possibile la differenziazione di prodotto

ANALISI DEL PORTAFOGLIO ACQUISTI



STRUMENTI QUANTITATIVI

ANALISI DI PARETO

Il “**Principio di Pareto o ABC**”, afferma che, considerando grandi numeri, la maggior parte degli effetti è dovuta ad un numero ristretto di cause.

Conseguentemente, tramite l’**Analisi di Pareto**, è possibile analizzare un insieme di dati in modo da determinare le poche variabili (fra le tante in esame) che influenzano in modo significativo i risultati finali di un determinato fenomeno.

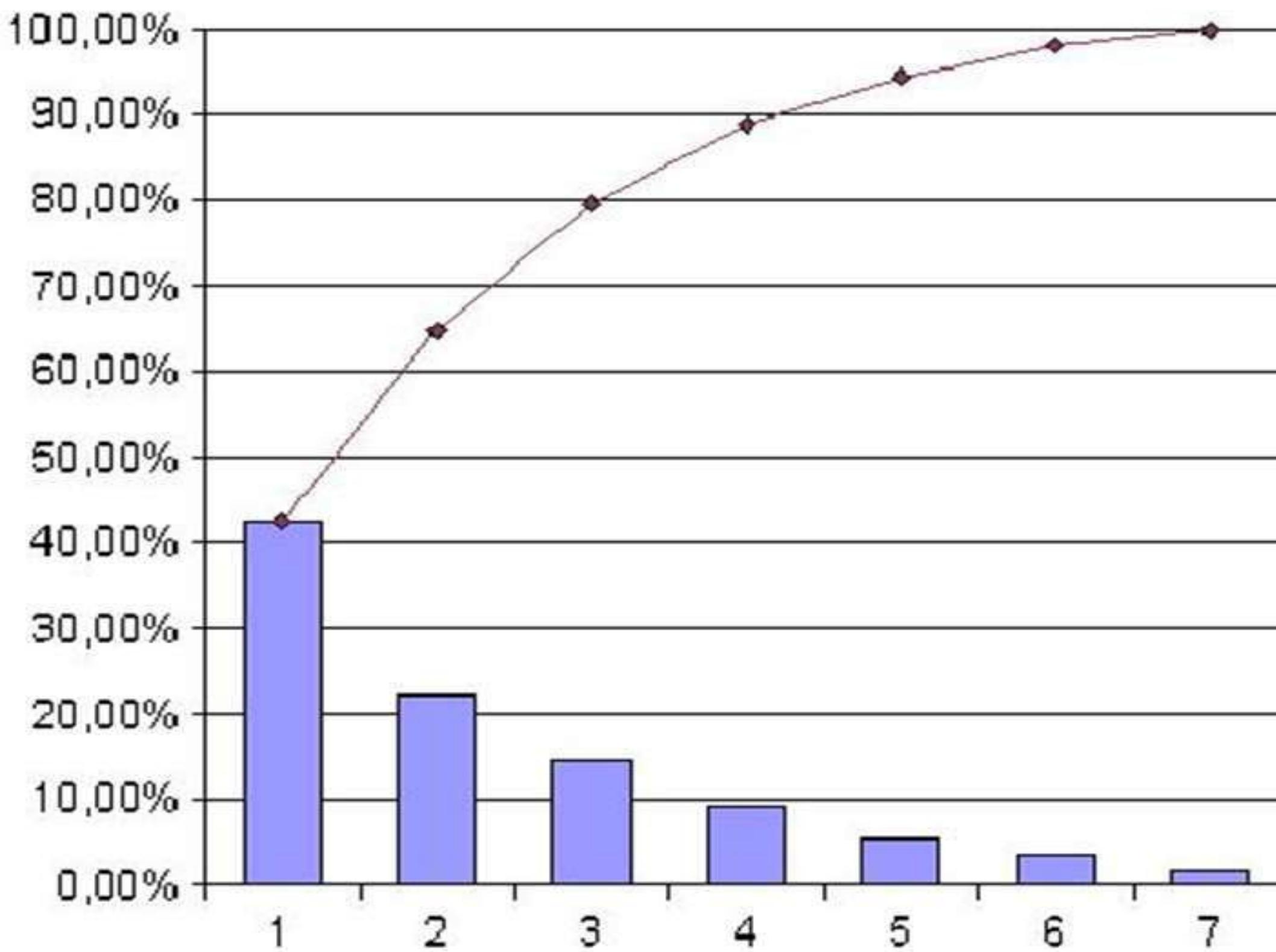
STRUMENTI QUANTITATIVI

ANALISI DI PARETO

E' la rappresentazione in forma grafica degli aspetti prioritari di un problema, quelli su cui cioè, concentrare gli sforzi, che da origine al cosiddetto "Diagramma di Pareto". La distribuzione dei dati assume la caratteristica denominata "80/20" o "60/30/10", ecc.... dove si vede che la maggioranza degli effetti è generata da una minoranza di eventi.

STRUMENTI QUANTITATIVI

DIAGRAMMA DI PARETO O ABC



STRUMENTI QUANTITATIVI

DIAGRAMMA DI PARETO O ABC

FORNITORE	FATTURATO DI ACQUISTO AGGREGATO NEL PERIODO TEMPO T
ALFA	1.600.000,00
BETA	900.000,00
GAMMA	700.000,00
DELTA	300.000,00
ETÀ	50.000,00
TETA	40.000,00
IOTA	30.000,00
RH	15.000,00
PS	10.000,00
CH	5.000,00
RO	1.000,00
OMEGA	600,00
OMICRON	200,00
ENNESIMO	180,00
ALTRI FORNITORI	150,00
TOTALE	3.652.130,00

CLASSE A

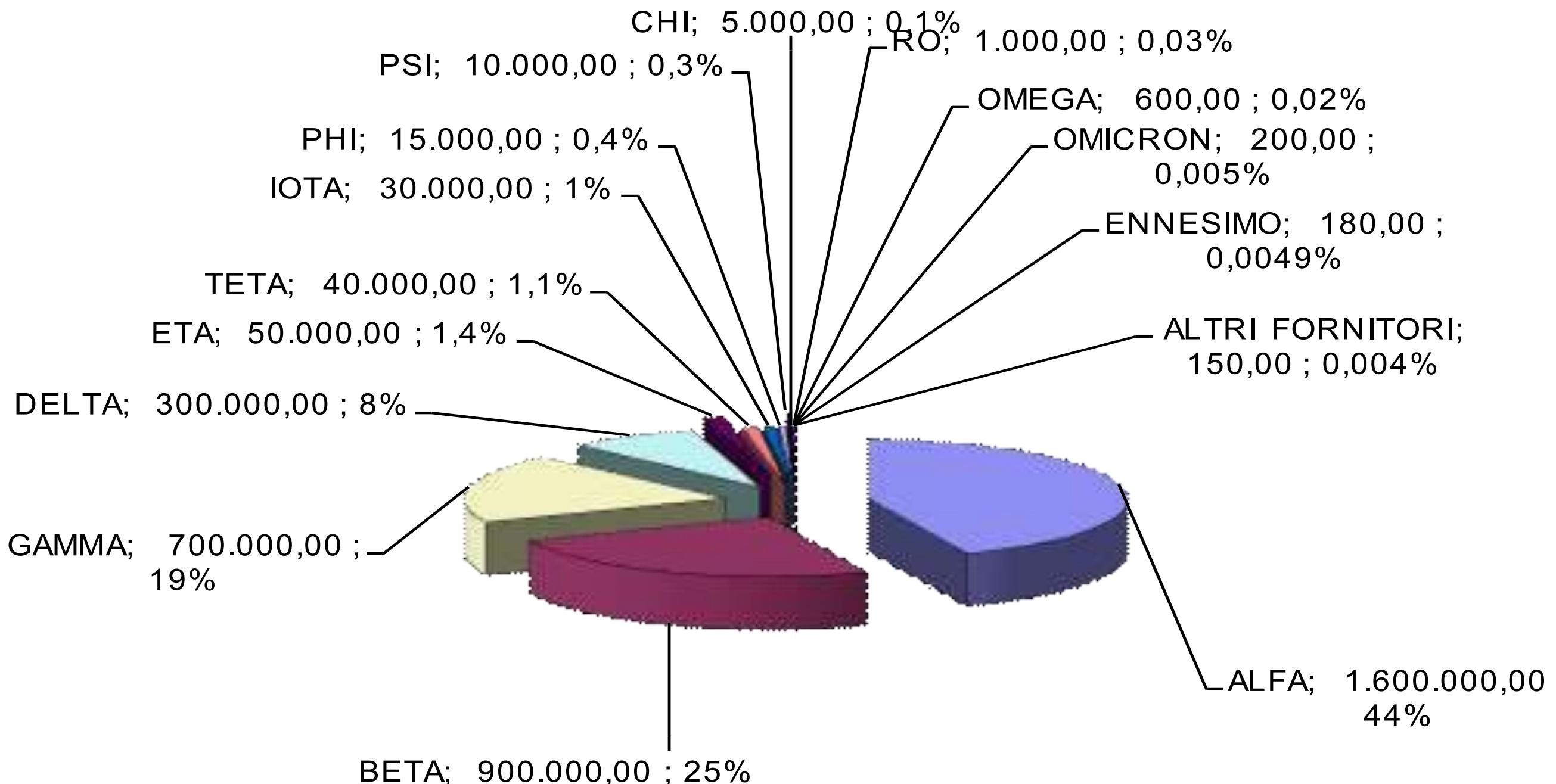
CLASSE B

CLASSE C

STRUMENTI QUANTITATIVI

DIAGRAMMA DI PARETO O ABC

FATTURATO DI ACQUISTO AGGREGATO NEL PERIODO DI TEMPO T



STRUMENTI QUANTITATIVI

ANALISI DI PARETO

L'analisi di Pareto è applicabile ad un'infinità di settori. Nel nostro caso generalmente si applica, a titolo indicativo e non esaustivo, nei seguenti casi:

STRUMENTI QUANTITATIVI

ANALISI DI PARETO

- Numero di fornitori per classe merceologica
- Fatturato di acquisto per classe merceologica
- Fatturato di acquisto per fornitore (Esempio precedente)
- Numero di ordini per fornitore
- Numero di ordini per classe merceologica
- Numero di richieste di acquisto per classe merceologica
- Distribuzione pagamenti per fornitore
- Distribuzione di pagamenti per classe merceologica
- Altre applicazioni ritenute significative

STRUMENTI QUANTITATIVI

INDICATORI DI GESTIONE/SODDISFAZIONE CLIENTI INTERNI

+

INDICATORI DI GESTIONE FORNITORI

Entrambe le tipologie saranno esaminate in forma aggregata tramite il raggruppamento dei **KPI utili alla gestione delle Operazioni di Acquisto** ed al raggruppamento dei **KPI utili alla gestione dei fornitori**.

STRUMENTI QUANTITATIVI



copyright © 2010 **EPM** review

No KPI is Perfect

KPI INERENTI LE OPERAZIONI DI ACQUISTO

LEGENDA:
 oac: Ordine di acquisto
 rda: Richiesta di acquisto
 gg: Giorni

KPI	CALCOLO DEL KPI	MISURA E INTERPRETAZIONE
LIVELLO DI SERVIZIO AL CLIENTE INTERNO	$\frac{\Sigma gg.(\text{Data consegna concordata oac} - \text{Data consegna richiesta rda})}{\Sigma \text{numero righe oac}}$	Misura la capacità di soddisfare le richieste dei clienti interni Più basso è l'indicatore, migliore è la performance
TEMPO DI EVASIONE RDA	$\frac{\Sigma gg.(\text{Data oac} - \text{Data ricezione rda})}{\Sigma \text{numero righe rda}}$	Misura il tempo medio di evasione delle rda Più basso è l'indicatore, migliore è la performance
TEMPO DISPONIBILE PER EVASIONE RDA	$\frac{\Sigma gg.(\text{Data consegna richiesta rda} - \text{Data ricezione rda})}{\Sigma \text{numero righe rda}}$	Misura il tempo medio effettivo disponibile per l'evasione delle rda Questo non è un indicatore assoluto, bensì serve per tarare il precedente.
SCOSTAMENTO DA BDGT ACQUISTI	$\frac{\Sigma (\text{Importo riga budget}) \times (\text{quantità riga oac})}{\Sigma (\text{Importo riga oac}) \times (\text{quantità riga oac})}$	Misura i risparmi conseguiti in base alle rda Più alto è l'indicatore, rispetto al totale di budget, migliore è la performance
GRADO DI COPERTURA	$\frac{\text{Valore acquistato a fronte degli accordi stabiliti}}{\text{Valore acquistato totale}} * 100$	Misura in che % gli accordi stipulati coprono le esigenze di acquisto L'ideale è 1. Più basso è l'indicatore, peggiore è la performance
ACQUISTI «MAVERICK»	$\frac{\text{Valore acquistato in deroga e regolarizzato}}{\text{Valore acquistato totale}} * 100$	Misura in che % gli acquisti vengono gestiti dall'ente preposto L'ideale è 0. Più basso è l'indicatore, migliore è la performance
ESPOSIZIONE FORNITORI	Termine medio di pagamento nei confronti dei fornitori	Misura il tempo medio di pagamento nei confronti dei fornitori Più alto è l'indicatore, migliore è la performance
GRADO DI INNOVAZIONE PARCO FORNITORI	$\frac{\text{N}^{\circ} \text{ fornitori nuovi}}{\text{N}^{\circ} \text{ fornitori totali}} * 100$	Misura il grado di innovazione del parco fornitori Un'innovazione totale del parco fornitori non è necessariamente indicatore di qualità
EVOLUZIONE PARCO FORNITORI	$\frac{(\text{N}^{\circ} \text{ fornitori alla data X} - \text{N}^{\circ} \text{ fornitori alla data X - 1})}{\text{N}^{\circ} \text{ fornitori alla data X - 1}} * 100$	Misura l'evoluzione quantitativa del parco fornitori Il numero ideale di fornitori non esiste in senso assoluto, ma dipende dai contesti

KPI INERENTI LE OPERAZIONI DI ACQUISTO

KPI	CALCOLO DEL KPI	MISURA E INTERPRETAZIONE	
GRADO DI COERENZA DELLA ESPOSIZIONE FORNITORI	<p>Termine medio di pagamento nei confronti dei fornitori</p> <hr/> <p>Termine benchmark di pagamento nei confronti dei fornitori</p>	Misura il grado di conformità dei termini di pagamento nei confronti dei fornitori, in funzione di un benchmark	Più alto è l'indicatore, migliore è la performance

STRUMENTI QUANTITATIVI REPORTISTICA FINANZIARIA

La reportistica finanziaria tipicamente utilizzata per effettuare questo tipo di analisi consiste, a titolo indicativo e non esaustivo, nei seguenti documenti:

STRUMENTI QUANTITATIVI

REPORTISTICA FINANZIARIA

- Budget acquisti e vendite
- Forecast acquisti e vendite
- Cash Flow
- Medie di pagamento fornitori, espresse in giorni e valore, suddivise per classi merceologiche, fornitori, ecc...
- Eventuali bilanci di fornitori e specifici KPIs
- Piani di delocalizzazione, riorganizzazione, investimento, ecc...
- Fatturato di acquisto generale, per classi merceologiche e per fornitore

STRUMENTI QUANTITATIVI REPORTISTICA FINANZIARIA

La reportistica finanziaria si avvale inoltre di una serie di KPI specifici, che risultano utili sia per comprendere lo stato finanziario del fornitore esaminato, sia della propria azienda:

STRUMENTI QUANTITATIVI

INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

Questa tipologia di indicatori risulta particolarmente utile nella valutazione della solidità finanziaria dei fornitori e della loro capacità di sostenere il business. Essi possono essere classificati in:

Liquidity Ratios

Activity Ratios

Profitability Ratios

Debt Ratios

STRUMENTI QUANTITATIVI INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

LIQUIDITY RATIOS

Tali indicatori permettono di comprendere il livello di liquidità (o di cassa che dir si voglia) che il fornitore ha a disposizione.

I principali indicatori utilizzabili sono i seguenti:

Quick Ratio

Tale indicatore è conosciuto anche come **Acid Ratio** o **Acid Test**

Liquidità (cash) + Attività + Crediti a breve ed a lungo termine

Passività a breve ed a lungo termine

Generalmente, in ambito industriale, tale indicatore dovrebbe assumere un valore compreso tra 0,9 e 1. Valori inferiori indicano problemi di cash flow mentre, valori superiori, indicano problemi di “asset management”.

STRUMENTI QUANTITATIVI INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

ACTIVITY RATIOS

Tali indicatori permettono di comprendere il livello di “impieghi” e di immobilizzi del fornitore.

I principali indicatori utilizzabili sono i seguenti:

Inventory Turns

Costo del venduto

Scorta media nel periodo di riferimento

Più il valore è elevato, migliore è l'indicazione che se ne trae.

STRUMENTI QUANTITATIVI INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

PROFITABILITY RATIOS

Tali indicatori permettono di comprendere se l'attività svolta dal fornitore è profittevole.

I principali indicatori utilizzabili sono i seguenti:

Return On Sales (ROS)

Risultato netto

Vendite

Più il valore è elevato, migliore è l'indicazione che se ne trae.

STRUMENTI QUANTITATIVI

INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

DEBT RATIOS

Tali indicatori permettono di comprendere il rapporto tra debiti e capitale proprio del fornitore ed anche se riesce a pagare gli interessi.

I principali indicatori utilizzabili sono i seguenti:

Debt to Equity

Passività totali

Equity

Più il valore è elevato, più il fornitore è esposto a rischi finanziari a lungo termine.

STRUMENTI QUANTITATIVI

INDICATORI ECONOMICO/FINANZIARI

DEBT RATIOS

Interest coverage

Risultato operativo

Spese per interessi

Misure la capacità di pagare le spese per gli interessi ed il suo valore dovrebbe essere maggiore di 3.

What happens if we buy The K.P.I. Book for each of our Line Managers and then they leave us?

What happens if we don't buy The K.P.I. Book for them... and they stay?

STRUMENTI QUANTITATIVI

ANAGRAFICHE FORNITORI

Le anagrafiche fornitori sono dei documenti, non necessariamente cartacei, in cui sono riportate tutte le informazioni generali e peculiari dei fornitori quali, a titolo indicativo e non esaustivo:

STRUMENTI QUANTITATIVI ANAGRAFICHE FORNITORI

- Ragione Sociale, indirizzo, recapiti vari e personale di contatto/management
- Fatturato di acquisto
- Fatturato generale del fornitore esaminato
- Classi merceologiche trattate
- Eventuali rating/ranking e valutazioni qualitative
- KPI specifici del fornitore
- Altre informazioni ritenute sensibili (attrezzature, personale, certificazioni, altri clienti forniti, ecc...)

STRUMENTI QUALITATIVI

Matrice di Kraljic

	ALTA REPERIBILITÀ	BASSA REPERIBILITÀ
ALTA IMPORTANZA	ACQUISTI DI LEVA <i>Enfasi sulla competitività</i> Negoziazione Controllo economico	ACQUISTI STRATEGICI <i>Enfasi sulla integrazione</i> Garanzia di approvvigionamento Contratti a lungo termine Relazioni di partnership Controllo economico
BASSA IMPORTANZA	ACQUISTI NON CRITICI <i>Enfasi sulla ottimizzazione</i> Comparazione economica Ottimizzazione della gestione	ACQUISTI COLLI DI BOTTIGLIA <i>Enfasi sulla stabilità</i> Garanzia di approvvigionamento Contratti a lungo termine

LA VALUTAZIONE DEI FORNITORI

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

A prescindere dalla sterminata bibliografia in merito, tutti i metodi ed i sistemi di valutazione rientrano nelle seguenti tipologie:

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Metodi e sistemi di valutazione delle

POTENZIALITA' del fornitore, detti anche

metodi e sistemi di valutazione **EX ANTE**

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Metodi e sistemi di valutazione delle
PERFORMANCES/PRESTAZIONI del fornitore,
detti anche metodi e sistemi di valutazione **EX**
POST

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Per la qualificazione dei fornitori (**attività ex ante**) è quindi indispensabile definire i parametri e le condizioni di base e fondamentali per il successo dell'azienda, da cui i fornitori stessi assolutamente non possono prescindere

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Da cui generalmente discende un'intensa attività di estensione di check list, documentazione da richiedere, reperire, analizzare e compilare e di visite di auditing presso i potenziali fornitori stessi

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Dopodichè occorre confermare l'eventuale valutazione positiva del fornitore potenziale tramite fasi pilota e ordini di prova, fino ad arrivare alla valutazione vera e propria delle forniture effettive

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Fatto questo che richiede la necessità dell'implementazione di un sistema di valutazione delle performances del fornitore **(ex post)**

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

Ragionando in ottica di processo, l'esperienza e le “best

practices” hanno dimostrato che la soluzione migliore

consiste nell'implementazione di

sistemi di valutazione integrata

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

I sistemi di valutazione integrata si fondano sul principio che la parte di qualificazione rappresenta, in caso di accettazione preliminare nel parco fornitori del fornitore di interesse, la base “ex ante” della valutazione,

VALUTAZIONE DEI FORNITORI

che è sicuramente fondamentale per essere presi in considerazione all'interno del parco fornitori stesso, ma che non è assolutamente sufficiente per restarci, a meno di valutazioni positive delle performances (ex post)

STRUTTURA DI UN SISTEMA DI VALUTAZIONE INTEGRATO

Un efficace sistema di valutazione dei fornitori è bene che risulti strutturato in funzione dei seguenti steps:

- 1) Definizione del perimetro di valutazione;**
- 2) Definizione degli indici di valutazione;**
- 3) Definizione della metodologia di valutazione;**
- 4) Rating, ovvero definizione dei criteri per l'attribuzione dei punteggi agli indici di valutazione;**
- 5) Ranking, ovvero definizione dei criteri per la classificazione finale.**

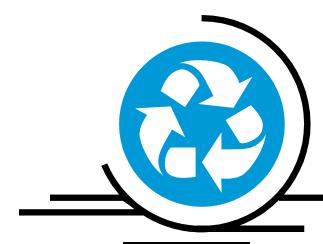
SUPPLIER DEVELOPMENT

E

SUPPLIER IMPROVEMENT

SUPPLIER DEVELOPMENT E SUPPLIER IMPROVEMENT

Le attività di **Supplier Development** si basano sul relativo **deployment**, il quale è un processo atto a creare e rendere operativa una struttura interfunzionale avente lo specifico scopo di seguire e gestire lo sviluppo dei fornitori in tutte le loro peculiarità ed in tutti i loro aspetti ritenuti essenziali per la riuscita del prodotto finale



SUPPLIER DEVELOPMENT E SUPPLIER IMPROVEMENT

Tale struttura interfunzionale, che può essere chiamata in vari modi, gestisce il “**portfolio**” dei fornitori con i quali sono stati concordati piani di sviluppo comuni, né più né meno che con la stessa professionalità e con lo stesso impegno profusi nella gestione di ogni progetto ritenuto strategico per l’azienda

SUPPLIER IMPROVEMENT TEAM E SUPPLIER DEVELOPMENT TEAM

La differenza nelle attività poste in essere dal Supplier Development Team e dal Supplier Improvement Team consistono sostanzialmente nel fatto che, le attività di **improvement**, generalmente riguardano attività di miglioramento specifiche inerenti fornitori già consolidati.

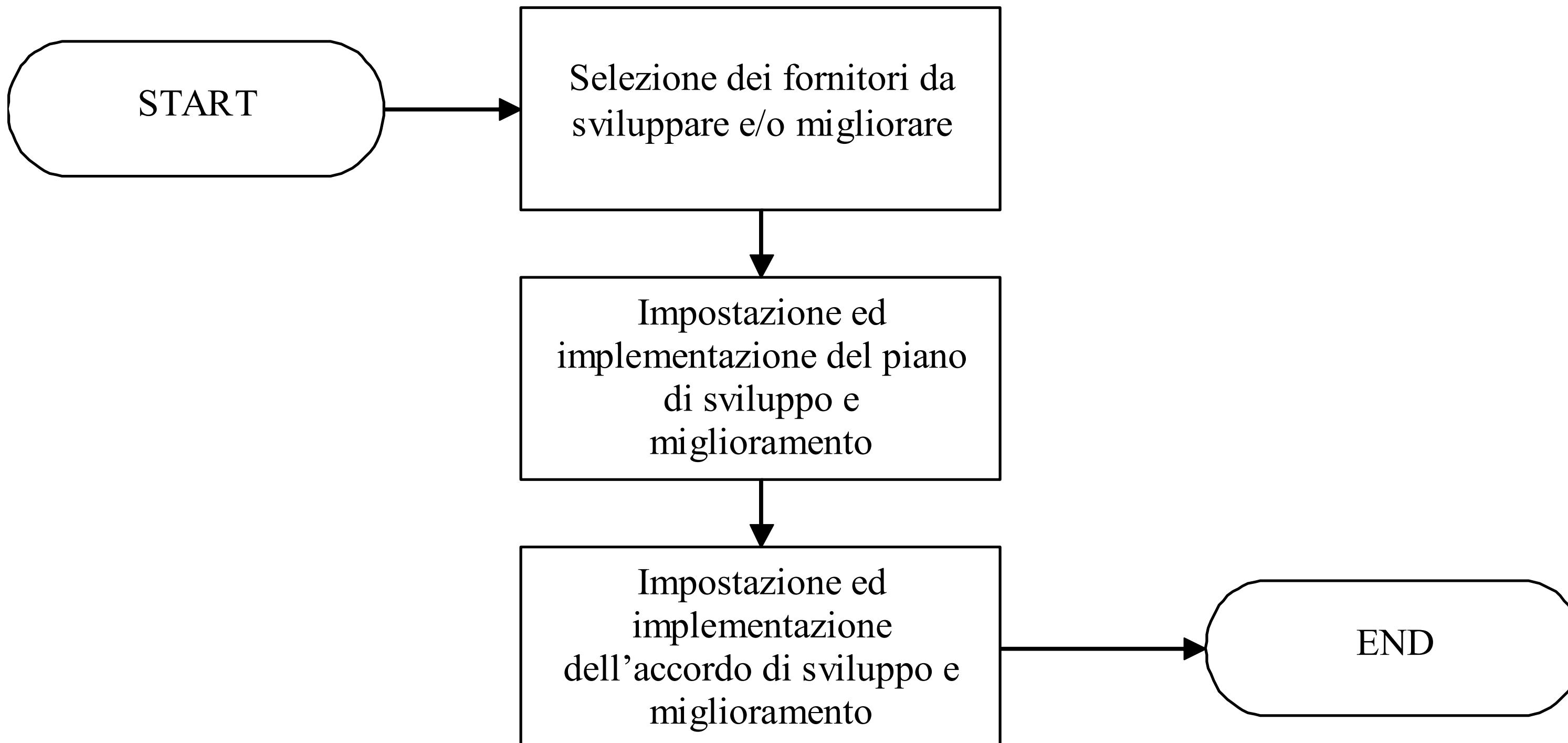
SUPPLIER IMPROVEMENT TEAM

E

SUPPLIER DEVELOPMENT TEAM

In estrema sintesi il cliente, con l'implementazione di questo processo, si impegna ad accompagnare nella “crescita e nello sviluppo” il proprio fornitore

IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO DI SUPPLIER IMPROVEMENT / SUPPLIER DEVELOPMENT



MATRICE SROI

	<i>STRATEGICAL AREA</i> <i>MACROAREA STRATEGICA</i>	<i>LOOK OUT AREA</i> <i>MACROAREA DI ATTENZIONE</i>
	ALTA POTENZIALITA'	BASSA POTENZIALITA'
LUNGO PAYBACK	PARTNERSHIP AREA / AREA PARTENARIALE <i>INVESTIRE CON OCULATEZZA</i>	CRITICAL AREA / AREA CRITICA <i>NON INVESTIRE</i>
MEDIO PAYBACK	OPPORTUNITY AREA / AREA DI OPPORTUNITA' <i>RICERCA DI OPPORTUNITA'</i>	BORDERLINE AREA / AREA DI CONFINE <i>ANALISI DELLO SVILUPPO DELL'INVESTIMENTO</i> <i>INVESTIMENTI MINIMI</i>
BREVE PAYBACK	FAST INCREASE AREA / AREA DI INCREMENTO RAPIDO <i>INVESTIRE PESANTEMENTE</i>	NON CRITICAL AREA / AREA NON CRITICA <i>INVESTIMENTI MINIMI</i>

IMPOSTAZIONE ED IMPLEMENTAZIONE DEL PIANO DI SVILUPPO E/O DI MIGLIORAMENTO

- Elenco degli obiettivi, “spalmati” su uno o più orizzonti temporali**
- Programma di massima degli steps che il fornitore dovrà seguire per raggiungere gli obiettivi**
- Timeline di larga massima**
- Un forecast inerente i costi in risorse finanziarie, materiali e umane**
- Calcolo del Pay back del progetto**

SUPPLIER IMPROVEMENT TEAM E SUPPLIER DEVELOPMENT TEAM

Tali attività vanno gestite rigorosamente,
impostando un budget e calcolando il ritorno
dell'investimento con il metodo del **Payback**:

$$C = \sum_{t=1}^P f_t$$

C = Investimento previsto

f_t = Flussi di cassa previsti

P = Payback o periodo di recupero

t = Periodo di tempo previsto per il Payback

Per poter implementare il progetto è necessario verificare che il periodo di **Payback “target”** sia maggiore o uguale a quello **previsto / reale** :

$$P \leq P_{\text{target}}$$

ESEMPIO

ANNI	CASH FLOW	CASH FLOW (CUMULATIVE)
0	- 15.000	-15.000
1	6.000	- 9.000
2	5.000	- 4.000
3	7.000	3.000
4	8.000	11.000
5

Payback previsto = 2 anni + 7 mesi (4.000 * 12 / 7.000)

IMPOSTAZIONE DEL PROGETTO DI SUPPLIER IMPROVEMENT / SUPPLIER DEVELOPMENT

FASE FINALE

- **Un gannt inerente tutte le attività e le risorse distribuite sugli orizzonti temporali concordati.**
- **Un piano indicante le modalità di condivisione dei benefici economici che saranno conseguiti tramite il progetto in questione.**
- **Le procedure operative che regoleranno la collaborazione tra il fornitore ed il committente. (In merito a questo punto è fondamentale definire i vari protocolli informativi e comunicativi, aspetto questo spesso trascurato).**

PARTNERSHIP

MATRICE DEI RAPPORTI

IMPORTANZA STRATEGICA

Alta

Bassa

**Modello
dell'impresa dominante**

**Modello
della partnership**

**Modello
tradizionale**

**Modello
delle relazioni intelligenti**

Bassa

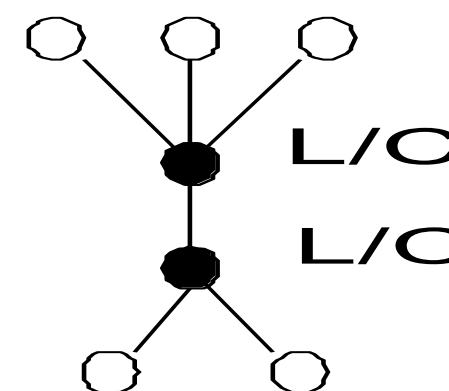
Alta

COMPLESSITA' DI GESTIONE

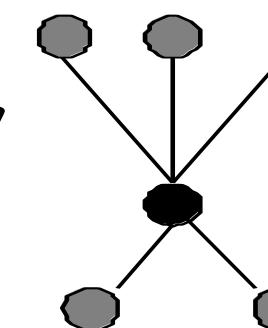
Matrice tratta, modificata ed adattata da:

F. Costantino, G. Di Gravio, M. Tronci - "Supply Chain Management e Network logistici" – Ed. Hoepli – 2007 - Milano

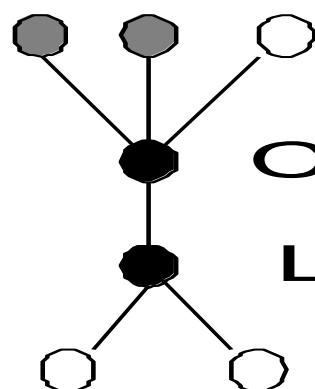
CONFIGURAZIONI DI PARTNERSHIP



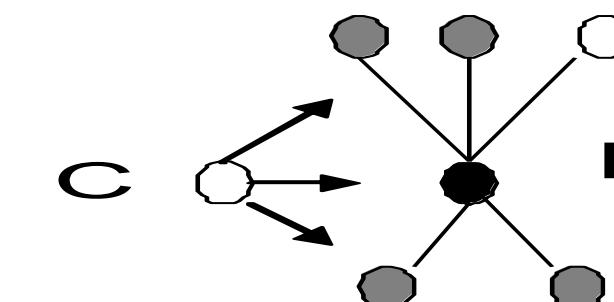
L/C Relazione bivalente, due unità con lo stesso potere



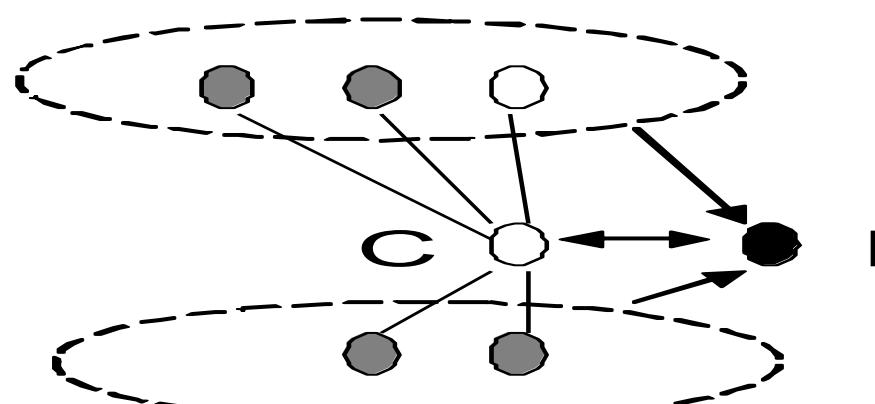
Il leader mantiene il controllo



Il leader stabilisce le regole e lascia il coordinamento ad altre entità



Il leader definisce le regole e lascia il coordinamento in outsourcing (es. 3PL)



Il leader definisce i Livelli di Servizio e le regole e lascia il coordinamento e l'organizzazione delle attività in outsourcing (es. 4PL)

DEFINIZIONE DI 5PL

Il partner prende in carico e gestisce supply chain complesse in quanto è settorialmente specializzato e possiede o è in grado di utilizzare e gestire asset strategici che mette a disposizione del cliente, quali, a titolo indicativo e non esaustivo, risorse finanziarie, tecniche, tecnologiche e professionali, che vengono impiegate per erogare servizi con medesimi o migliori requisiti.

Il modello di Kaufman, Wood e Theyel

	Low Collaboration	High Collaboration
Low Technology	Commodity Supplier <ul style="list-style-type: none">▪ Spot market supplier▪ Low cost, low price priorities▪ Little or no differentiation	Collaboration Specialist <ul style="list-style-type: none">▪ Detailed control parts supplier▪ Uses a closed network in each industry▪ Can be in many industries to maintain customer product information
High Technology	Technology Specialist <ul style="list-style-type: none">▪ Proprietary parts suppliers▪ Innovation in product technology used to produce high barriers to entry▪ First mover advantages▪ Uses design capabilities for competitive advantage	Problem-solving Supplier <ul style="list-style-type: none">▪ Black box supplier▪ High differentiation▪ Cos less important▪ Small runs, high process and labour flexibility

Tratto da: Albino Russo F., Panizzolo R., 2010, Teoria e pratica delle operazioni di acquisto, Ipsoa, Assago (Mi)

SOURCING PROVIDING

Il SOURCING PROVIDING è una tecnica che permette di concentrare su un unico fornitore, definito PROVIDER, più codici di acquisto, generalmente forniti da più fornitori.

Il **Sourcing providing** generalmente viene utilizzato per concentrare sia materiali omogenei che complementari.

L'essenza di tale metodologia consiste nel dimostrare che, a costi globali, l'eventuale sovrapprezzo pagato per i codici che vengono concentrati su di un unico fornitore, viene compensato dal risparmio nel processo di acquisto (emissione ordini, gestione, ecc...)

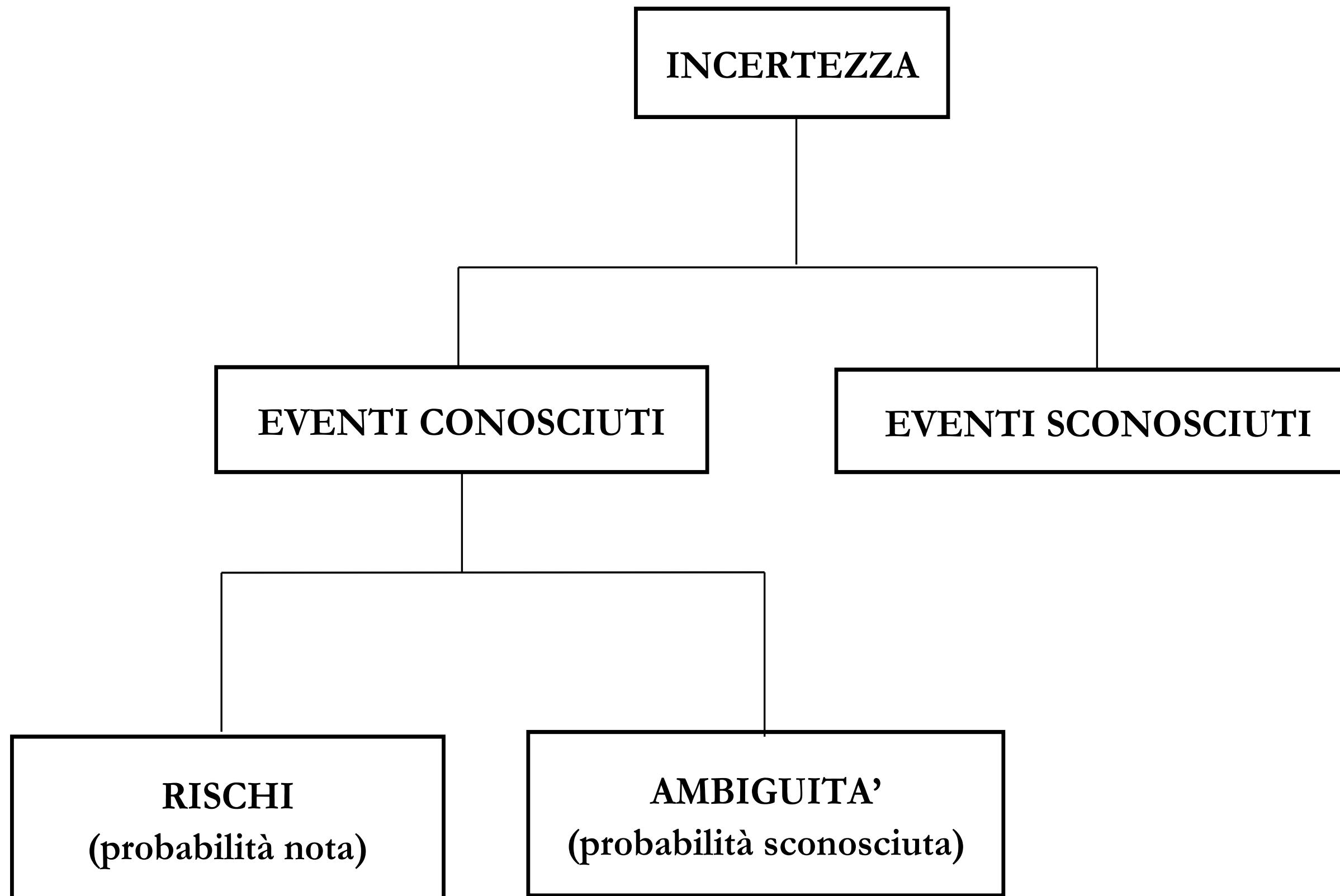
SYSTEM SUPPLYING

Il SYSTEM SUPPLYING consiste nel delegare ad un fornitore, definito SYSTEM SUPPLIER, la gestione di uno o più fornitori.

Il **System Supplying** generalmente viene utilizzato per concentrare su “poche fonti” le forniture effettuate da molti fornitori, dove sia prevista una qualche forma di integrazione a valle. Anche in questo caso, l’essenza di tale metodologia, consiste nel dimostrare che, a costi globali, l’eventuale sovrapprezzo pagato per i codici che vengono concentrati su di un unico fornitore, viene compensato dal risparmio nel processo di acquisto (emissione ordini, gestione, ecc...)

**PRINCIPI
DI
SUPPLY CHAIN RISK ANALYSIS**

RELAZIONE TRA RISCHIO, INCERTEZZA E AMBIGUITÀ'



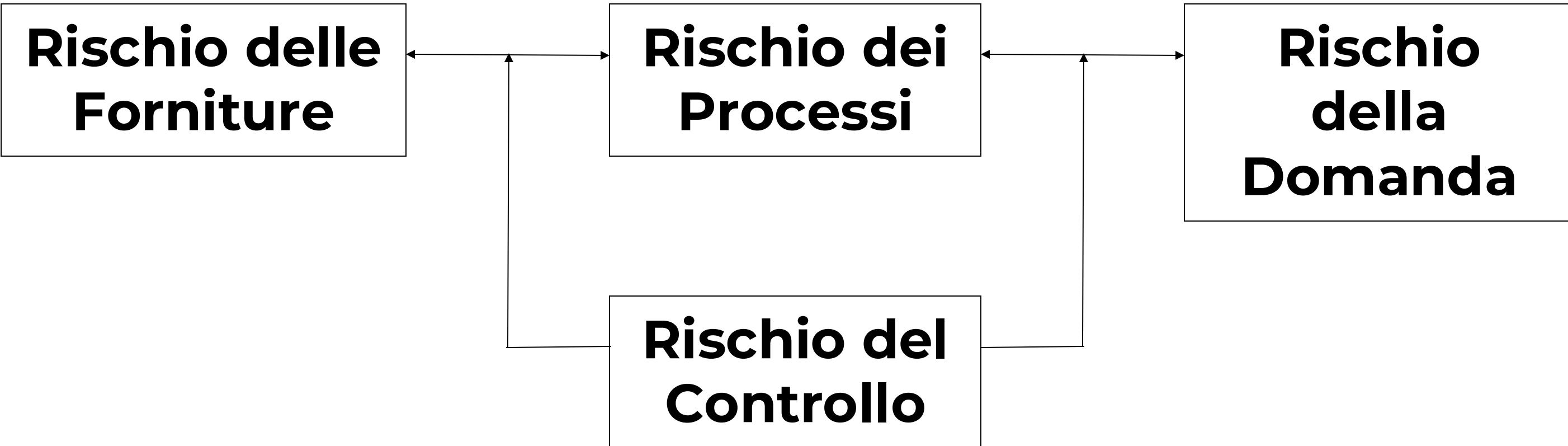
FONTI DI RISCHIO

La ricerca e lo studio delle fonti di fornitura non può prescindere da una corretta analisi dei rischi associati e dalla relativa vulnerabilità della supply chain risultante.

FONTI DI RISCHIO

Tutte le cause di vulnerabilità della Supply Chain sono riconducibili, in “ottica sistematica”, ad un insieme di “fonti” generatrici di rischio, tra loro interdipendenti ed interconnesse secondo un preciso schema.

FONTI DI RISCHIO



Rischio Ambientale

Tratto ed adattato da "Supply Chain Management" - Martin Christopher – Ed. Prentice Hall – 2005
da F. Albino Russo, S. Ruffini "La pianificazione dei fornitori in condizioni di incertezza" - WK-IPSOA-2019

FONTI DI RISCHIO

Fonti di rischio che risultano inequivocabilmente come macro-drivers dei principali costi aziendali diretti ed indiretti.

E' perciò importante determinare il profilo di rischio in cui le proprie attività di business vengono a trovarsi e ad interagire con il "mondo esterno".

FONTI DI RISCHIO

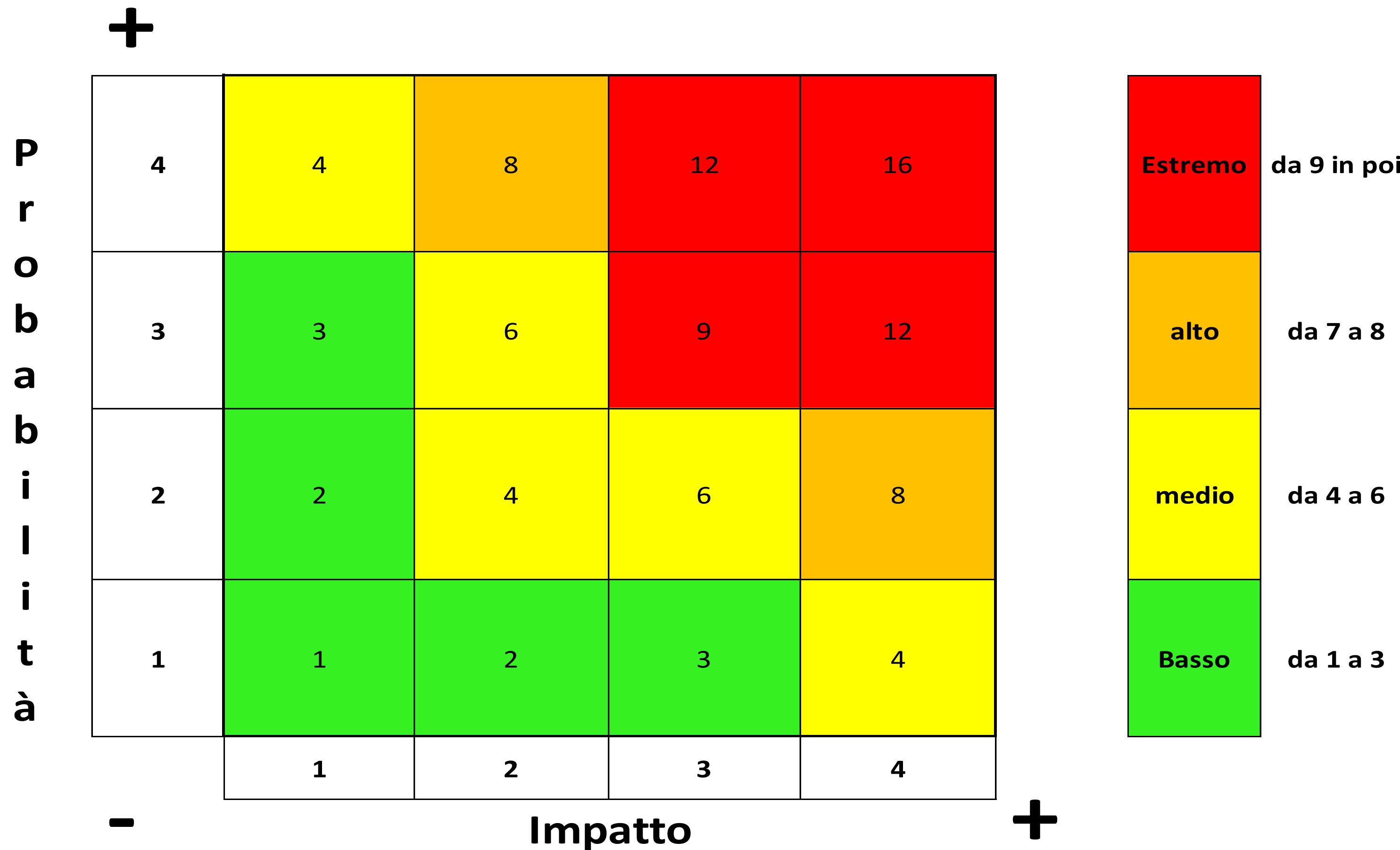
Per consentire una corretta identificazione del profilo di rischio di una Supply Chain, è quindi necessario effettuare una verifica approfondita della probabilità che le fonti di rischio menzionate possano concretamente “attivarsi”, impattando direttamente ed indirettamente sulla struttura dei costi aziendali.

FUNZIONE DI RISCHIO

In “estrema sintesi” occorre ragionare considerando il rischio come una funzione probabilistica della seguente relazione:

Rischio della Supply Chain = Probabilità di Dissesto x Impatto

CALCOLO DEL PROFILO DI RISCHIO



RILEVAZIONE DEL PROFILO DI RISCHIO

La rilevazione del profilo di rischio non consiste però in una mera elencazione, tipo check list, di tutti i possibili rischi che una Supply Chain potrebbe ritrovarsi ad affrontare, con i relativi costi derivanti.

RILEVAZIONE DEL PROFILO DI RISCHIO

Bensì consiste in un'attività strutturata in più fasi, generalmente 8, che passa attraverso l'analisi e la comprensione dei processi della Supply Chain, per poi focalizzarsi sui rischi effettivamente “probabili”, in funzione delle ricadute sui costi.

RILEVAZIONE DEL PROFILO DI RISCHIO

“OBIETTIVO”

L’obiettivo di questa attività di analisi è quello di sviluppare una capacità di recupero operativa per rispondere al concretizzarsi di uno o più rischi lungo la Supply Chain, onde salvaguardare value chain e business continuity.

RILEVAZIONE DEL PROFILO DI RISCHIO

- 1) Analisi ed individuazione degli elementi nevralgici per l'EBITDA, la mission e la vision aziendale
- 2) Individuazione degli anelli deboli della Supply Chain
- 3) Analisi delle criticità degli anelli deboli
 - 3.1) Criticità logistiche
 - 3.2) Criticità commerciali
 - 3.3) Criticità geografiche e geopolitiche
 - 3.4) Criticità di business (es.: incompatibilità)
 - 3.5) Criticità finanziarie
 - 3.6) Criticità operative e produttive
 - 3.7) Criticità strategiche (es.: fonti di approvvigionamento)
- 4) Sviluppo di business cases e scenari di crisi

RILEVAZIONE DEL PROFILO DI RISCHIO

5) Definizione delle azioni di tutela degli elementi nevralgici, in funzione delle criticità individuate:

5.1) Attività di flessibilizzazione

5.2) Attività di reengineering dei processi

5.3) Attività di definizione e/o adeguamento delle procedure operative, gestionali ed amministrative

5.4) Proposte ed implementazioni organizzative e/o riorganizzative

5.5) Implementazioni infrastrutturali

6) Definizione dei piani di Crisis Management e Recovery

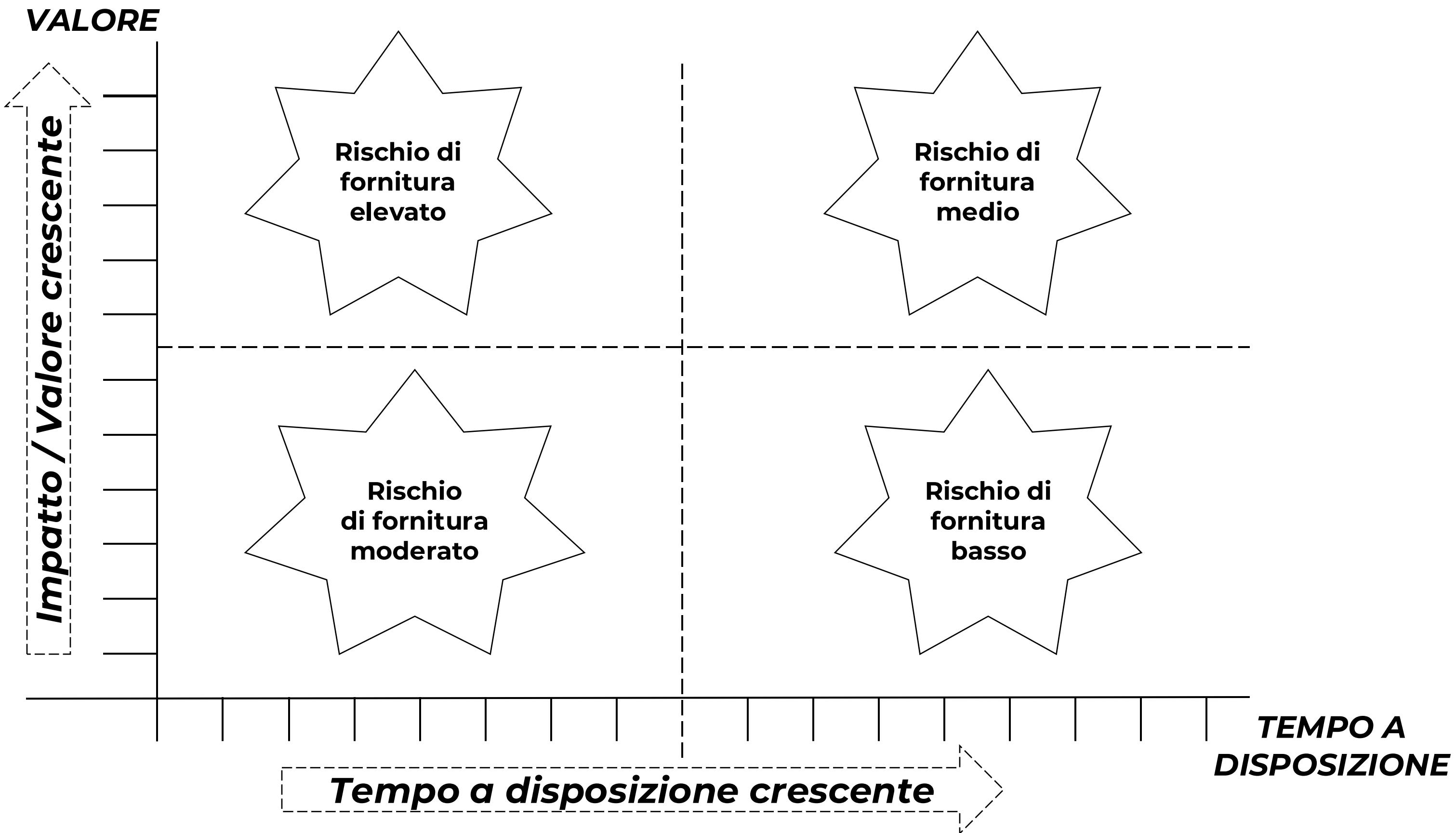
7) Implementazione di piani, procedure e sistemi di S.C.E.M.

8) Audit periodico del sistema ed eventuale implementazione di azioni correttive

CLASSIFICAZIONE DELLE AREE DI RISCHIO

		Macroarea Critica	Macroarea Strategica
RISCHIO	Alto	Standardizzazione Pianificazione Integrazione verticale	Outsourcing strategico Partnership
	Basso	Macroarea Tattica Concorrenza Standardizzazione	Macroarea del Profitto Concorrenza Outsourcing operativo
		Bassa	Alta
PROFITTABILITA' DELL'AREA			

ESEMPIO DI CLASSIFICAZIONE DEGLI ORDINI



IL VMI

VENDOR MANAGED INVENTORY

Il Vendor Managed Inventory, sinteticamente V.M.I., indica l'insieme di metodologie che hanno come scopo quello di demandare l'approvvigionamento ed il controllo dell'asservimento delle linee e delle scorte direttamente ai fornitori.

I fornitori diventano quindi i garanti ed i responsabili del fatto che i quantitativi di materiale necessari siano sempre disponibili, nelle giuste quantità, in luoghi univocamente determinati.

VENDOR MANAGED INVENTORY

TECNICHE

CONSIGNMENT STOCK

SUPPLIER STOCK

CONTO DEPOSITO

CONTINUOUS REPLENISHMENT (modalità)

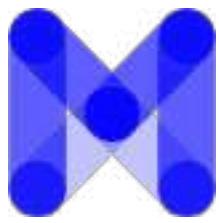
Tipicamente, la differenza tra le varie tecniche, è dovuta alla diversa combinazione di proprietà ed ubicazione del materiale, tra il cliente ed il fornitore.

V.M.I.- SPECIFICITA'

UBICAZIONE

	FORNITORE	CLIENTE
FORNITORE	SUPPLIER STOCK	CONSIGNMENT STOCK
CLIENTE	CONTO DEPOSITO	STANDARD STOCK

Grazie!

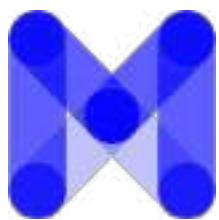


EMBA

***EXECUTIVE MASTER OF
BUSINESS ADMINISTRATION***



5



EMBA

***EXECUTIVE MASTER OF
BUSINESS ADMINISTRATION***

LEAN MANAGEMENT

PROF. PIETRO ROMANO (UNIVERSITÀ DI UDINE)



6

1

Agenda

- Lean thinking e lean management
- Concetti fondamentali del lean management
- Principi e tecniche lean
- I risultati ottenibili
- Aspetti controversi del lean management
- Perché molti non riescono a iniziare o sostenere il lean journey?
- Analisi e discussione di un caso studio

7

Lean Thinking

Lean Thinking is “lean” because it provides a way to do more and more with less and less - less human effort, less equipment, less time, and less space - while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want

Womack, J. and Jones, D. (1996), *Lean Thinking*, Touchstone books, London (p.15).

8

2

Lean Management



Trasformare la propria azienda (1) in un World Class Manufacturer, (2) in una World Class Company e (3) in una Lean Enterprise ... preparata per il futuro

9

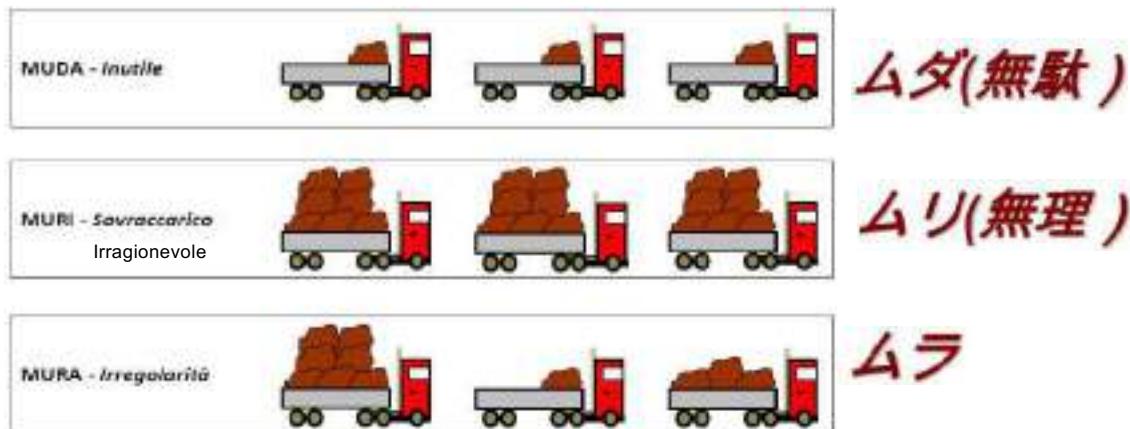
Il concetto di “muda”



Muda = spreco, perdita, sperpero, attività che non aggiunge valore al prodotto/servizio
Il muda nella cultura giapponese si carica anche di un significato etico morale paragonabile al peccato.

10

Le tre MU da evitare



Data entry da parte dei commerciali, mancata standardizzazione, dimensioni ospedali al venerdì sera (non solo metterci poco ma anche farlo sempre nello stesso modo e non interrompere o rendere irregolare il flusso)

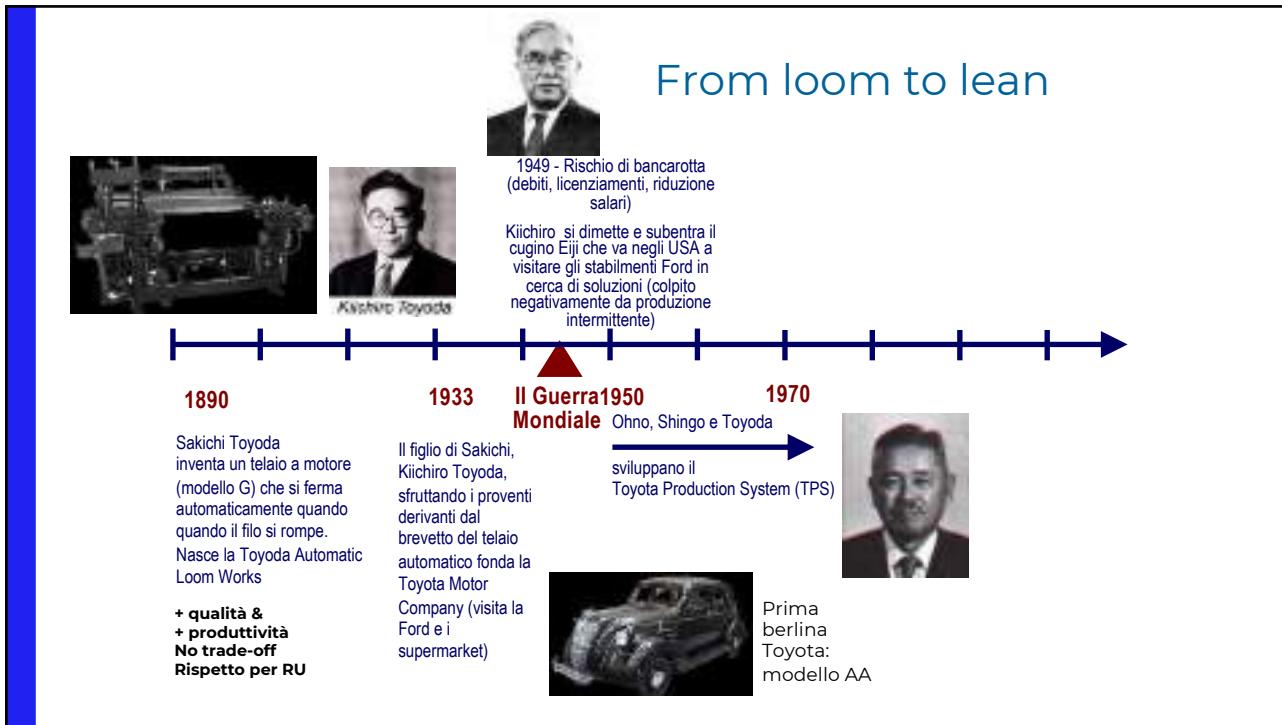
14

I risultati ottenuti da Toyota

Classifica dei più grandi produttori di auto del mondo (milioni di unità vendute)

	1970	2002	2008: il sorpasso!!!	
1	GM	GM	Toyota	(9.7)
2	Ford	Ford	GM	(9.5)
3	Chrysler	Toyota	VW	
4	VW	VW	Hyundai/Kia	
5	Fiat	DaimlerChrysler	Ford	
6	Toyota	PSA Peugeot Citroen	Renault/Nissan	
7	Nissan	Hyundai	PSA Peugeot Citroen	
8	Renault	Honda	Honda	
9	BL	Nissan	Chrysler	
10	Peugeot	Renault	Daimler	

16



18

Stabilimento Ford visitato da Kiichiro Toyoda



©Associated Press

FIGURE 8-2 Ford's River Rouge Plant: Once a Symbol of American Mass Production, 1942

Fonte: Swink et al., 2022

19

Risposta dei produttori USA alla crisi del sistema Ford: *an incomplete game*

- Sistemi produttivi intermittenti: batch & queue (per rispondere alla richiesta di varietà)
- Reparti e macchinari grandi e sempre più veloci
- Lunghi tempi di attraversamento (cicli sempre più complessi), scorte elevate, necessità di sistemi di pianificazione della produzione computerizzati (MRP)
- La risposta testimonia che i produttori USA hanno preferito un cambiamento non radicale (*playing an incomplete game*)
- Questa la situazione trovata da Eiji Toyoda e Taiichi Ohno in una serie di visite negli USA dopo la II Guerra Mondiale

20



Toyoda, Ohno e Shingo: nasce il TPS



- Non credono che i sistemi produttivi intermittenti siano la risposta alla crisi del sistema Ford: è necessario “*to play a new game*”
- Tornano al sistema Ford originale e introducono alcune semplici innovazioni per rendere più continuo il flusso in situazioni di maggiore varietà
- Disposizione delle macchine in linea nella sequenza richiesta dal processo
- Non grandi macchinari specializzati, ma piccoli macchinari *multi-purpose*
- Riduzione del tempo di set-up (Shingo: Single Minute Exchange Dies SMED; setup pressa da 4h a 2,5h e poi a 3 minuti)
 - Introduzione di primi sistemi poka-yoke di controllo qualità
 - Avanzamento materiali pull

VARIETÀ + BASSI LT + QUALITÀ + BASSI COSTI

21

Il dibattito nel mondo occidentale

- Fine degli anni '70: penetrazione inarrestabile dell'industria automobilistica giapponese nei mercati occidentali
- Dibattito per indagare le cause di questa capacità competitiva
- Prime giustificazioni: **l'ambiente socio-economico giapponese**
- Le imprese giapponesi non sono più efficienti ma più competitive perché:
 1. Strutturale sottovalutazione dello yen rispetto al USD favorisce le esportazioni
 2. Identificazione del lavoratore giapponese con l'azienda
 3. Rispetto della gerarchia aziendale
 4. Bassa conflittualità sindacale
 5. Forte connessione tra le imprese dei supply network giapponesi (*keiretsu*)
 6. La borsa giapponese accetta piccole remunerazioni del capitale e favorisce il reinvestimento degli utili

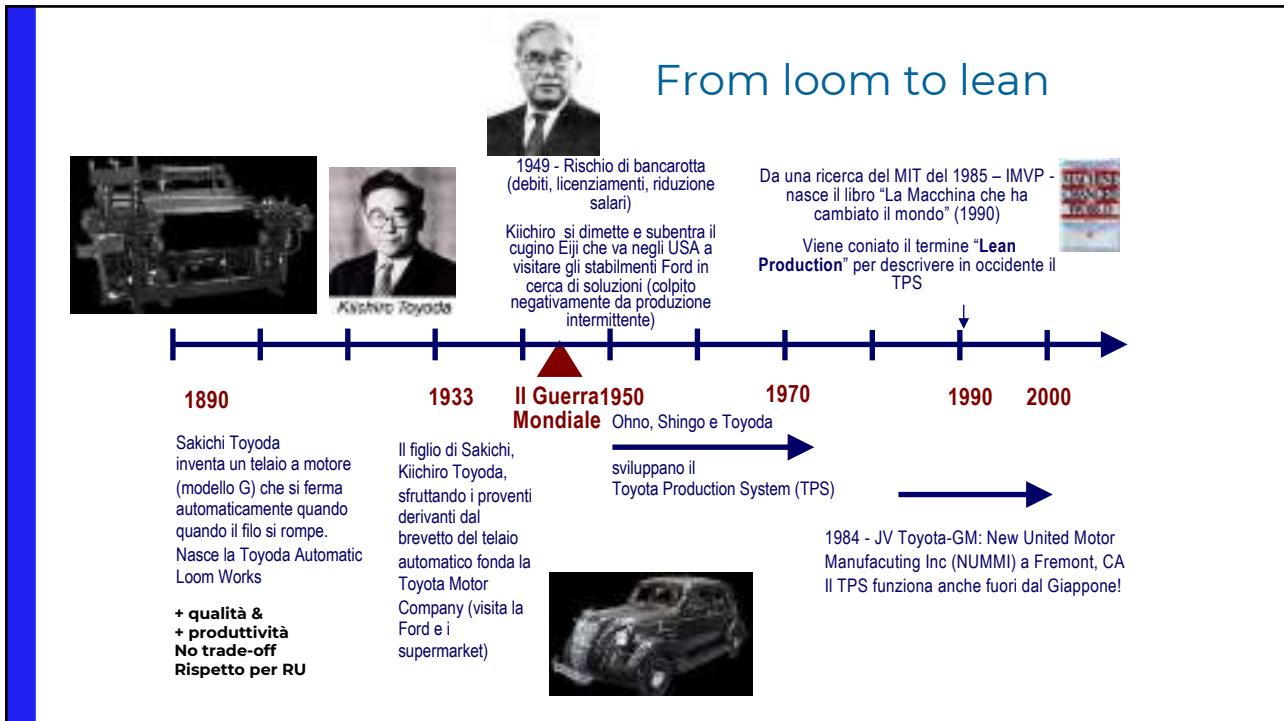
23



Il dibattito nel mondo occidentale

- Altre giustificazioni: non negano le precedenti ma intuiscono che c'è anche qualcosa di particolare nel modo di produrre della Toyota con importanti e originali valenze di efficienza
- La sistematica eliminazione degli sprechi viene identificata come causa della superiorità competitiva
- Nel 1980 il MIT di Boston lancia il progetto "Future of the Automobile Program" con il finanziamento di tutte le case automobilistiche occidentali
- Segue nel 1985 il celebre *International Motor Vehicle Program* che porta alla dimostrazione della superiorità del TPS rispetto all'impostazione manageriale delle case automobilistiche occidentali
- Nel 1990 i risultati vengono pubblicati da James P. Womack, Daniel Roos e Daniel T. Jones in *The Machine That Changed the World*
- **Da qui in poi l'oggetto del dibattito non sarà più capire SE il TPS è superiore, ma COME imitarlo/adattarlo al contesto occidentale**

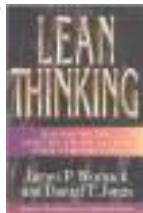
24



25

Il dibattito nel mondo occidentale

- Negli anni 90, dopo *The Machine That Changed the World* si sono sviluppati due orientamenti per introdurre TPS nelle aziende occidentali:
 - Imitazione pura:** il modello giapponese è una sorta di one-best-way esattamente come il modello fordista nel contesto competitivo precedente
 - Imitazione creativa:** non esiste un approccio manageriale ottimale indipendente dalle condizioni sociali, economiche e culturali
- È quindi necessario sapere coniugare le **idee guida** del TPS con le caratteristiche sociali, economiche e culturali del contesto in cui si opera
- The Machine...* non aveva identificato queste "idee guida" perché il suo scopo era dimostrare la superiorità del TPS e non spiegare come implementarlo
- Nel 1996 James P. Womack e Daniel T. Jones pubblicano *Lean Thinking* dove individuano i 5 principi del TPS e una linea guida per l'implementazione con esempi non giapponesi



26

I principi del lean thinking (sequenza)

- **Principio 1 – Specificare il valore dal punto di vista del cliente**
- Quali sono le funzionalità e le prestazioni che si attende il cliente (non i nostri manager o gli azionisti)?
- **Principio 2 – Identificare tutti i passi nel flusso del valore**
- Per ciascuna famiglia di prodotti eliminare tutte le fasi e attività che non aggiungono valore (es. viaggio aereo: solo il 54% del tempo è di volo)
- **Principio 3 – Creare un flusso continuo di attività a valore aggiunto**
- Ricercare il “one piece flow” ed eliminare le interruzioni tipiche dei processi “batch & queue”
- **Principio 4 – Gestire le attività in modo “pull”**
- Le attività a valle richiedono i prodotti/servizi a quelle a monte (kanban)
- **Principio 5 – Ricercare senza sosta la perfezione**
- Definire tempi e metodi standard ad ogni ciclo di miglioramento (a partire dal principio 2); misurare e migliorare usando il metodo scientifico

27

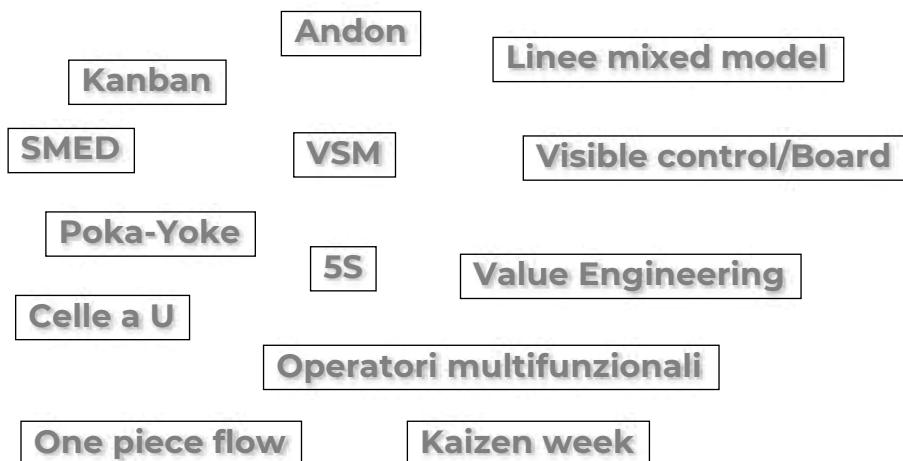


Il Toyota Production System



28

Il TPS e le sue tecniche...



30

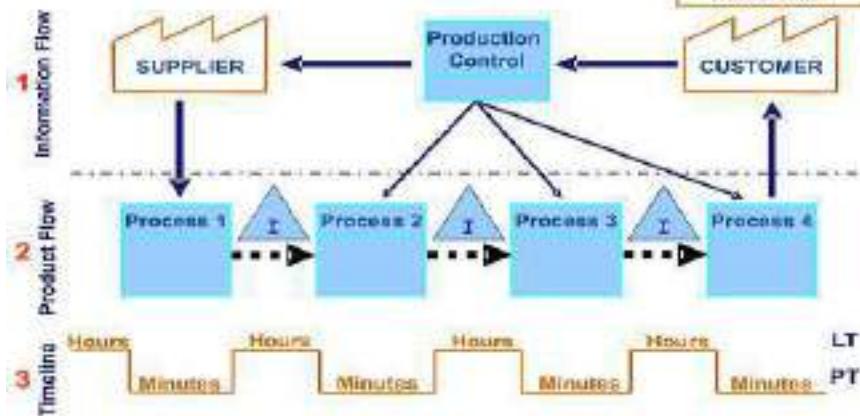
Tecniche e principi del lean management

1. Identificazione/mappatura del valore per il cliente ed eliminazione degli sprechi
 - *VSM, VA/NVA analysis, Industrial Engineering (SMED, 5S, T_{std}), TPM*
2. Flusso continuo e livellamento della produzione (*one piece flow, heijunka, mixed modelling, celle di produzione*)
3. Processi *pull* attivati dalla domanda del cliente (*kanban*)
4. Miglioramento (*PDCA, A3, autonomazione-jidoka, visual management, poka yoke*)
5. Rispetto per l'individuo e coinvolgimento dal basso (*bottom-up, kata*)

31

Value Stream Mapping

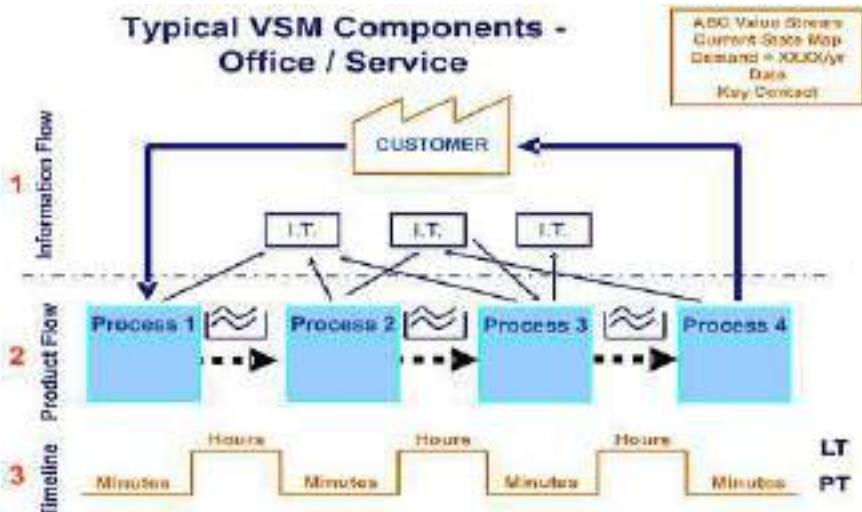
Typical VSM Components - Manufacturing



32

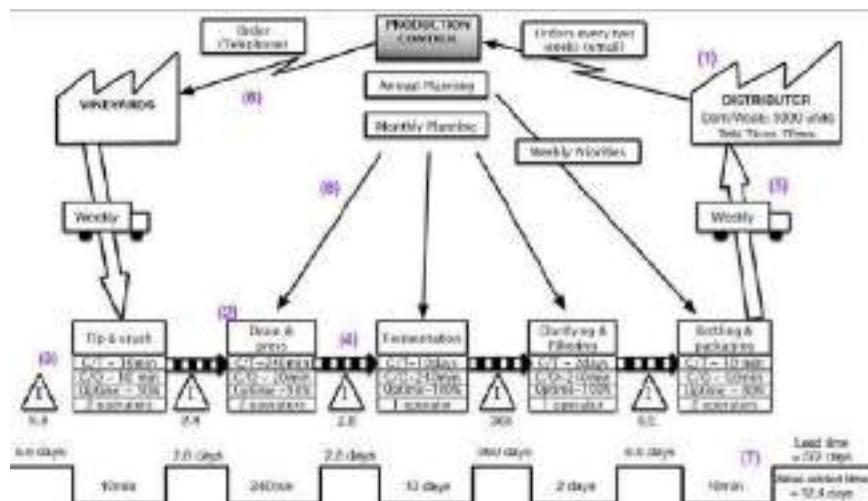
Value Stream Mapping

Typical VSM Components - Office / Service



34

Value Stream Mapping



35

VA/NVA analysis

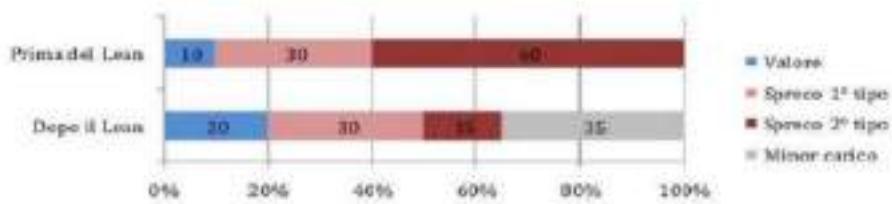


Figura 10 - Risultati Lean in Sanità²⁴

(Fonte: GOALS, 2016)

Esempio: prelievo sangue

VA = l'infermiere preleva il sangue

NVA 1 tipo = trasporto della provetta in laboratorio (non eliminabile, solo riducibile come LT)

NVA 2 tipo = l'infermiere si accorge di non avere la provetta necessaria per il tipo di prelievo (errore scorte, la ha dimenticata in un altro ufficio) e deve tornare indietro a cercare l'occorrente (eliminabile)

Evidenza empirica: la riduzione del tempo di attraversamento (non del process time) non implica di dovere lavorare più velocemente (es. Porsche).

46

Cantiere VA/NVA Ospedale S. Daniele d. F.

- 71,6%
NVA2

ATTIVITA'	VA/NVA	CURRENT STATE		FUTURE STATE	
		FASSONE MOLTIPLICATIVO	TEMPO (sec)	FASSONE MOLTIPLICATIVO	TEMPO (sec)
TRASPORTO CARRELLO A LETTO DEL PAZIENTE	NVA2	1	25	1	0
VERIFICA IDENTITA' PAZIENTE	NVA1	1	12	1	10
LETTURA PRESCRIZIONE	NVA1	6	6,3	6	6,3
PRELIEVO GIUSTO FARMACO	NVA1	6	3,25	6	1,5
CONTROLLO SCADENZA	NVA1	6	1,2	6	0,5
PREPARAZIONE FARMACO	VA	6	43	6	41,6
TRASPORTO FARMACO A LETTO DEL PAZIENTE	NVA2	1	3	1	0
SOMMINISTRAZIONE FARMACO	VA	6	20	6	20
RIORDINO	NVA2	6	2	6	0,5
REPERIRE FARMACO MANCANTE	NVA2	1	66	1	0
INTERRUZIONI	NVA2	2	60	0,3	60
RIPRISTINO FARMACI	NVA2	2	72	2	42
TOTALE		824,5		534,4	

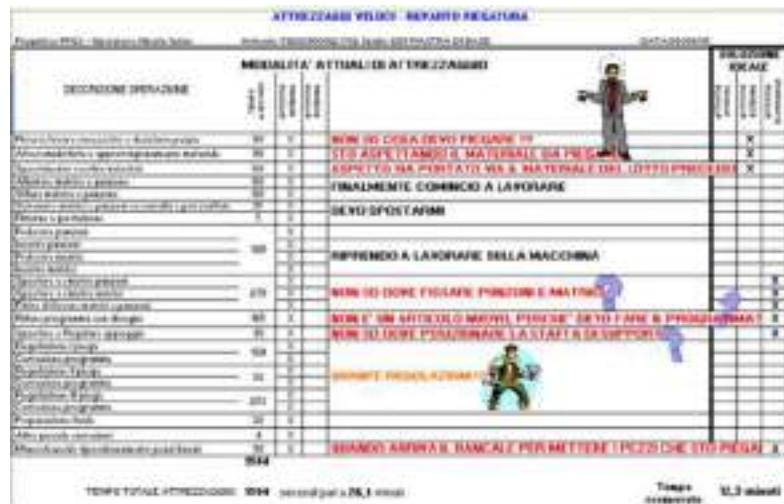
- 21,8%
NVA1

- 35,2 %
TEMPO
INFERMIERE

(Fonte: dott. David Turello, AAS3 FVG)

48

SMED-RTS



Fonte: Tanaka, MALM1, 2007

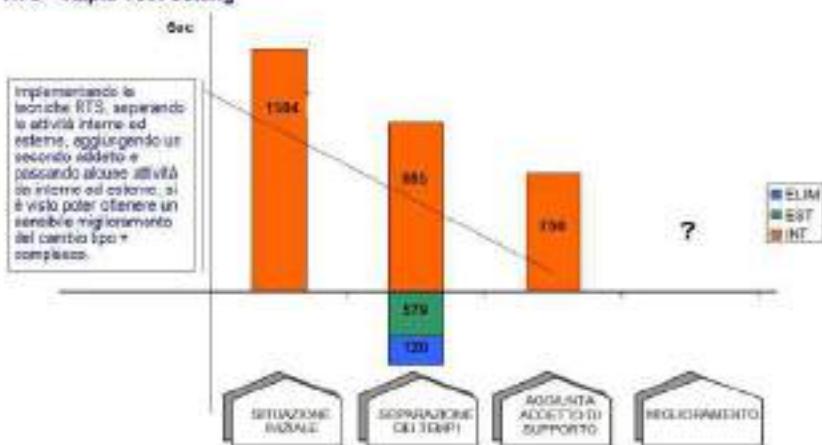
49

13

SMED-RTS

Attività su 160 ton

RTS - Rapid Tool Setting



Fonte: Tanaka, MALMI, 2007

50

Metodo delle 5S

- Le 5S sono una metodologia di organizzazione del posto di lavoro tramite l'implementazione, il mantenimento e il miglioramento di **Separazione, Ordine e Pulizia**.
- Costituiscono la base sulla quale costruire un sistema efficace di "Gestione a Vista" dell'ambiente di lavoro (*Visual Factory*), un prerequisito per diventare una "Fabbrica Eccellente" ossia un "World Class Manufacturer"
 - Il posto di lavoro è **pulito** e **sicuro**
 - **Ordine** e **rapidì tempi di ricerca**: ogni oggetto è posizionato nel luogo più idoneo al suo utilizzo
 - **Sfruttamento ottimale degli spazi** + non esistono oggetti che non servono
 - Le "**non conformità**" sono **visibili** e individuabili da chiunque
 - Le **procedure** sono esposte in modo chiaro, semplice e accessibile
 - Le **prestazioni** sono evidenti a tutti
 - Il posto di lavoro è **piacevole** e **stimolante**

57

14

Le 5S

Passo	Linee guida	
1. Separazione/Sistemazione – Seiri	Separare necessario e superfluo, eliminare il superfluo	Red tags
2. Ordine – Seiton	Ordinare i materiali/utensili in posizioni ben definite per eliminare i tempi di ricerca e facilitare il riposizionamento	Sagome poka-yoke
3. Pulizia – Seiso	Pulire ed ordinare sistematicamente le varie aree di lavoro, scoprire i problemi (pulire = ispezionare)	Strumenti di ispezione poka-yoke
4. Standardizzazione – Seiketsu	Mantenere le prime 3S definendo e formalizzando gli standard di sistemazione, ordine e pulizia	Istruzioni visibili, piano pulizia
5. Miglioramento/Disciplina – Shitsuke	Educere al rispetto degli standard per mantenere e migliorare gli standard e i risultati raggiunti	Audit, one-point lesson, hansei, area discussione

58

S1 - Separazione/Sistemazione

- Identificare tutti i materiali utilizzabili e ineliminabili.
- Rimuovere dall'area tutto ciò che non è identificato
- Conservare solo ciò che serve.



- Separare necessario e superfluo
- Eliminare il superfluo

Fonte: Alessi, MALM1, 2007

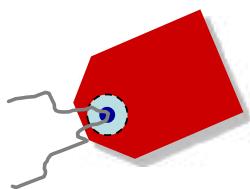
63

15

La tecnica dei cartellini rossi

Viene applicato su tutti i codici di dubbio utilizzo o fuori posto che vengono collocati in una "red tag area":

- Attrezzatura obsoleta o rotta
- Attrezzatura poco usata
- Problemi di sicurezza
- ...



Numero progressivo

Area:

Indicare chiaramente l'oggetto a cui si fa riferimento

Cartellino Rosso N°:

OGGETTO: _____
Firma operatore: _____

Data cartellino: _____
Oggetto da: _____

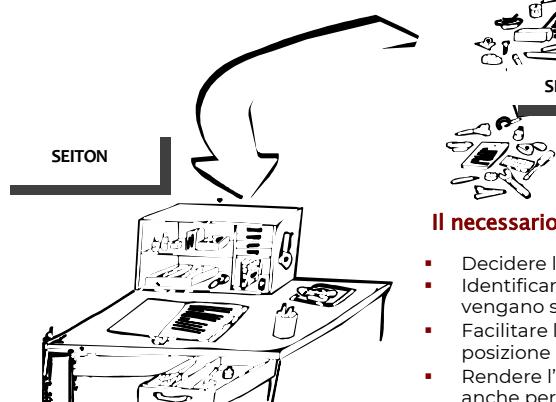
ELIMINARE
 RICOLLOCARE

Quando si ha la certezza che l'oggetto sia rotto o non utilizzato da più di 1 anno

Fonte: Alessi, MALM1, 2007

64

S2 - Ordine



Il necessario Il superfluo

- Decidere la posizione migliore per ogni oggetto
- Identificare le posizioni in modo che gli oggetti vengano sempre rimessi al loro posto
- Facilitare l'immediata individuazione della posizione per ridurre il tempo di ricerca
- Rendere l'area di lavoro ordinata e funzionale anche per i neo-assunti

Fonte: Alessi, MALM1, 2007

66

S4 - Standardizzazione

Assicurarsi che le prime 3S (sistematizzazione, ordine e pulizia/ispezione) divengano attività routinarie

- Standardizzare S1 (sistematizzazione)
 - La campagna del cartellino rosso deve essere condotta 1 / 2 volte l'anno
- Standardizzare S2 (ordine)
 - Rendere difficile riporre gli oggetti nei posti sbagliati (es. usare sagome per utensili e colori)
 - Rendere impossibile riporre gli oggetti nei posti sbagliati (es. predisporre cassetti/contenitori preformati)
- Standardizzare S3 (pulizia/ispezione)
 - Definire gli standard provvisori di pulizia, ispezione e manutenzione
 - Le persone devono avere i compiti assegnati nel luogo di lavoro

77

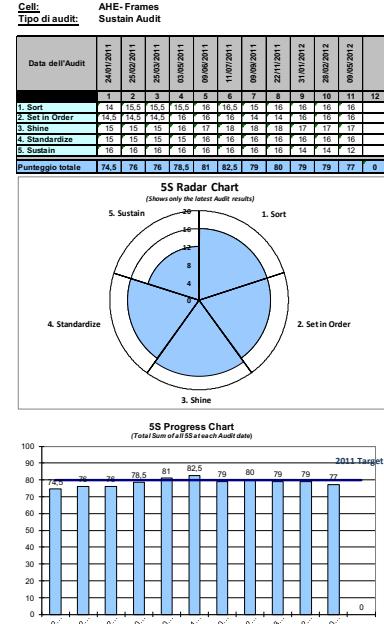
S5 - Miglioramento

- Monitoraggio del rispetto dei comportamenti definiti negli standard mediante autovalutazioni (p.e. settimanali) condotte dagli operatori stessi e dai responsabili mediante **check-list** appositamente progettate
- Organizzazione di **momenti di incontro** e di condivisione del miglioramento con cadenza regolare (mensile o bimestrale)
- Dare sempre evidenza delle attività svolte e dei risultati raggiunti (**One Point Lesson**)

80

17

Check list



81

One Point Lesson

Recupero spazi

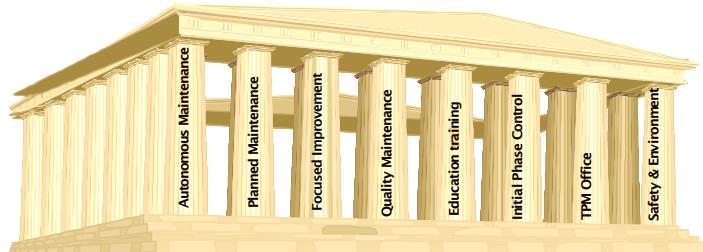
Riorganizzazione spazi

Fonte: Alessi, MALM1, 2007

Dare evidenza dei risultati raggiunti

82

Total Productive Maintenance

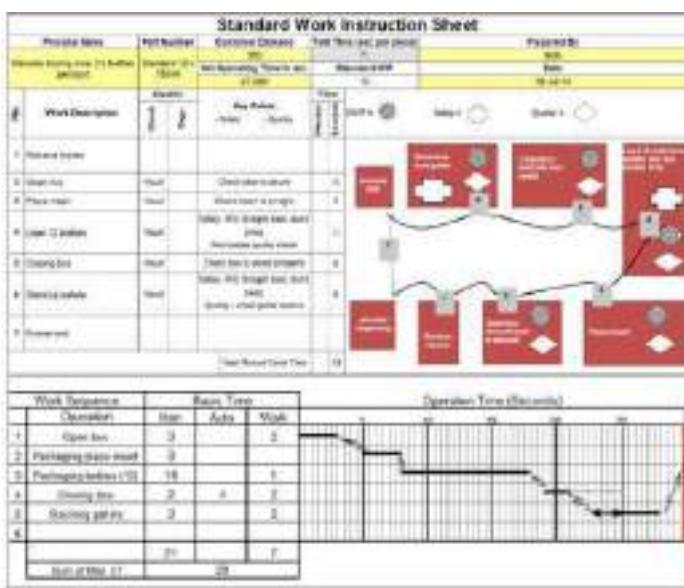


Per migliorare la produttività non basta ridurre il tempo di set up



84

Tempi standard, tempi ciclo e takt time



- Ricevere e aprire cartone (3") e spostarsi (2"): TC=5"
- Inserire separatore (3"): TC=3"
- Inserire 12 bottiglie (10") e spostarsi (1"): TC=11"
- (a) posizionare il cartone sulla macchina per chiudere (2"); (b) la macchina inizia a lavorare (2") mentre l'operatore si sposta all'uscita della macchina (2" mascherati); (c) la macchina continua a lavorare (2") mentre l'operatore attende (2"): TC=2"+2"+2"=6"
- Impilare il cartone sul bancale (3") e spostarsi alla postazione iniziale (2"): TC=5"

$$\text{Takt time} = \frac{\text{tempo a disposizione}}{\text{cartoni da spedire}} = \frac{27.000}{380} = 71 \text{ secondi}$$

85

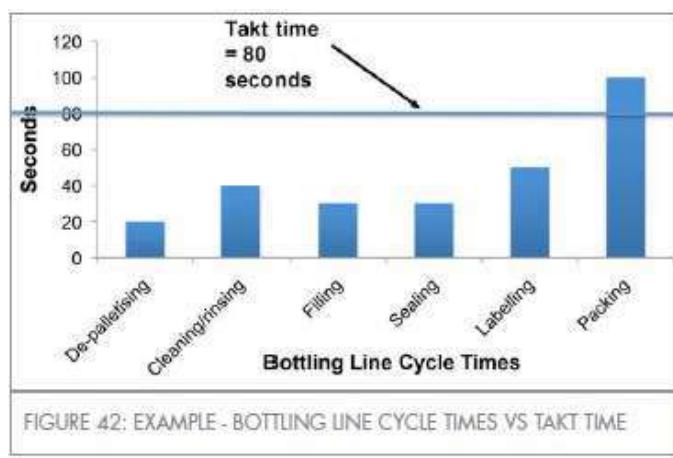
Tempi standard, tempi ciclo e takt time

È possibile realizzare:

- il doppio dei cartoni?
- il triplo dei cartoni?

86

Takt-time vs cycle time



Yamazumi chart per linea di produzione

90

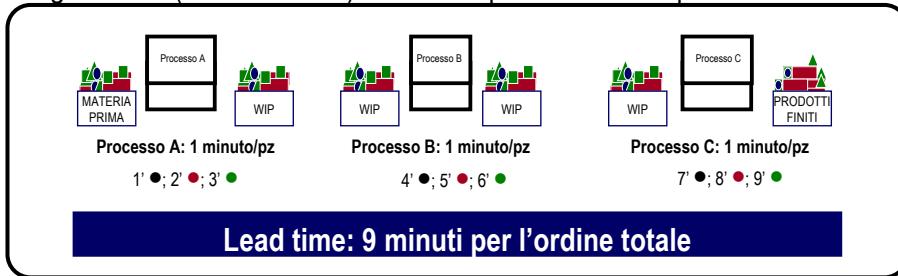
Tecniche e principi del lean management

1. Identificazione/mappatura del valore per il cliente ed eliminazione degli sprechi
 - VSM, VA/NVA analysis, Industrial Engineering (SMED, 5S, T_{std}), TPM
2. Flusso continuo e livellamento della produzione (*one piece flow, heijunka, mixed modelling, celle di produzione*)
3. Processi *pull* attivati dalla domanda del cliente (*kanban*)
4. Miglioramento (*PDCA, A3, autonomazione-jidoka, visual management, poka yoke*)
5. Rispetto per l'individuo e coinvolgimento dal basso (*bottom-up, kata*)

91

Produzione a flusso continuo

Logica Push (Batch&Queue) con lotti di produzione di 3 pezzi

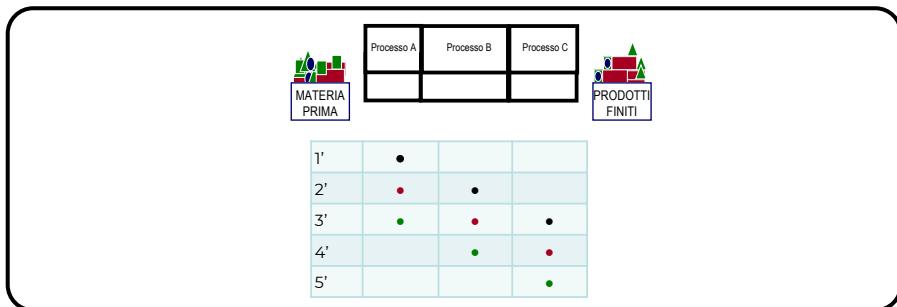


- 1': A fa nero, rosso e verde in attesa davanti A
- 2': A fa rosso, verde in attesa davanti A, nero in attesa dopo A
- 3': A fa verde, nero e rosso in attesa dopo A
- 4': B fa nero, rosso e verde in attesa davanti B
- 5': B fa rosso, verde in attesa davanti B, nero in attesa dopo B
- 6': B fa verde, nero e rosso in attesa dopo B
- 7': C fa nero, rosso e verde in attesa davanti C
- 8': C fa rosso, verde in attesa davanti C, nero in attesa dopo C
- 9': C fa verde, nero e rosso in attesa dopo C

92

Produzione a flusso continuo

Flusso continuo: "uno fai, uno sposti" o "one piece flow"



93

One piece flow negli ospedali

Fase 1: chiamata paziente PS e accesso sala aspetto radiologia (1min)

Fase 2: tecnico radiologo effettua esame (7 min)

Fase 3: medico scrive referto esame (5 min)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Processo a lotti

A termina dopo 27 min e fa 14 min di attesa

B termina dopo 32 min e fa 19 min di attesa

C termina dopo 37 min e fa 24 min di attesa

Attesa totale = 57 min

Push

L'OSS manda avanti i pazienti quando sono 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B
C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C	C

Processo one piece flow

A termina dopo 13 min e fa 0 min di attesa

B termina dopo 20 min e fa 7 min di attesa

C termina dopo 27 min e fa 14 min di attesa

Pull

Il tecnico radiologo chiama il prossimo

Attesa totale = 21 min; complessivamente i pazienti vanno a casa 36 min prima

94

Produzione livellata (heijunka)

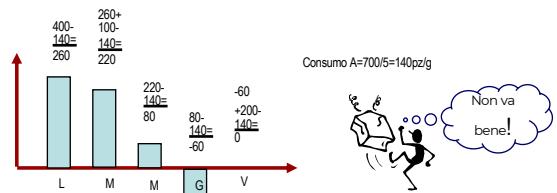
In una settimana il cliente ordina 700A, 500B e 800C

Piano di assemblaggio (a produzioni successive)

Lunedì 400A
 Martedì 100 A, 300 B
 Mercoledì ...200 B, 200 C
 Giovedì400 C
 Venerdì 200 C, 200 A

Prerequisito:

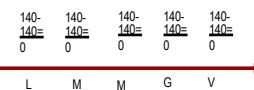
- ✓ Riduzione continua del tempo di set up
- ✓ Al limite tempo di set up prossimo allo zero



Meglio: tutti i prodotti, tutti i giorni

Every Part Every...

Lunedì: 140 A, 100 B, 160 C



Ancora Meglio: Tutti i prodotti in ogni finestra di spedizione (es. 2 al giorno)

Lunedì →
 70 A, 50 B, 80 C | 70 A, 50 B, 80 C

95

Esempio di linea mix model



Prima: linea dedicata o a produzioni successive

Dopo: linea mixed model



96

Livellare il mix nel vitivinicolo



La linea di imbottigliamento ha una capacità di 500 casse/giorno.

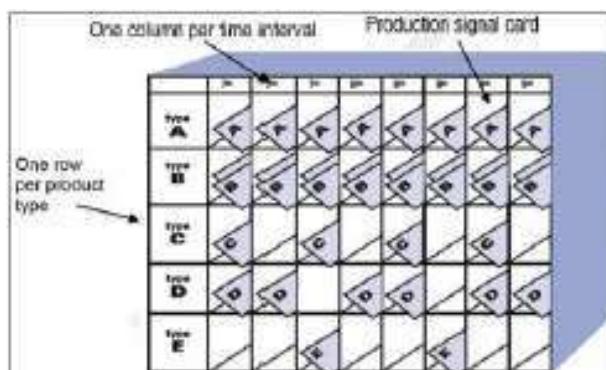
I clienti ordinano 500 casse di shiraz, 750 di merlot e 1.250 di cabernet sauvignon alla settimana.

Con il metodo non livellato non posso servire i clienti (che ordinano mix dei 3 vini) prima di mercoledì e ho scorte.

Con il metodo livellato posso servire i clienti da lunedì e riduco le scorte (me devo essere rapido nel cambio set-up).

97

Heijunka box



La linea di imbottigliamento ha una capacità di 500 casse/giorno.

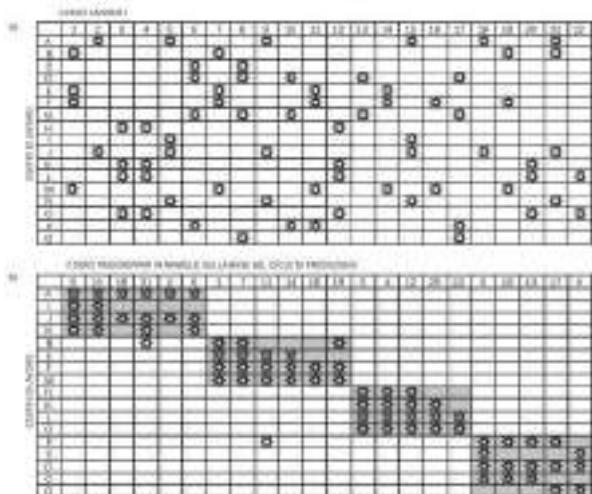
Ogni production card è un ordine da 100 casse.

Con questo metodo visual riesco ad assicurarmi di non superare la capacità massima (5 card per colonna) e di mantenere un mix livellato (A sempre; B sempre, C un giorno sì e uno no; D due giorni sì e uno no ecc.)

98

Celle di produzione

Figura 6.4 – Differenza delle famiglie di prodotto e delle celle di produzione.



Fonte: De Toni et al., 2018

Figura 6.7 – Ruoli interazionali di componenti in un job-shop.

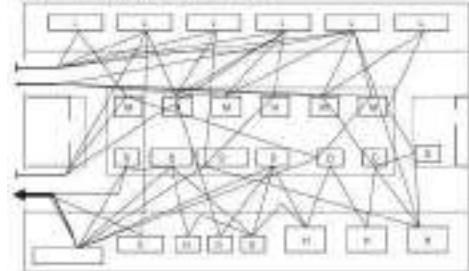
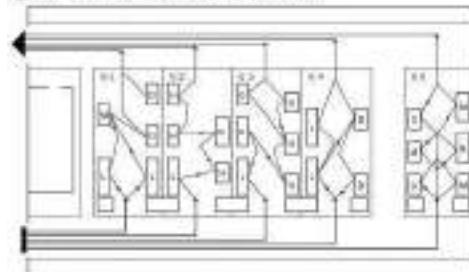


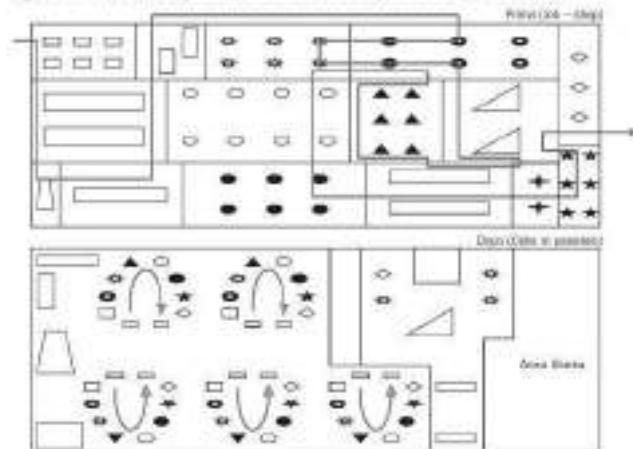
Figura 6.7 – Ruoli interazionali di componenti in un job-shop.



99

Celle di produzione ad U

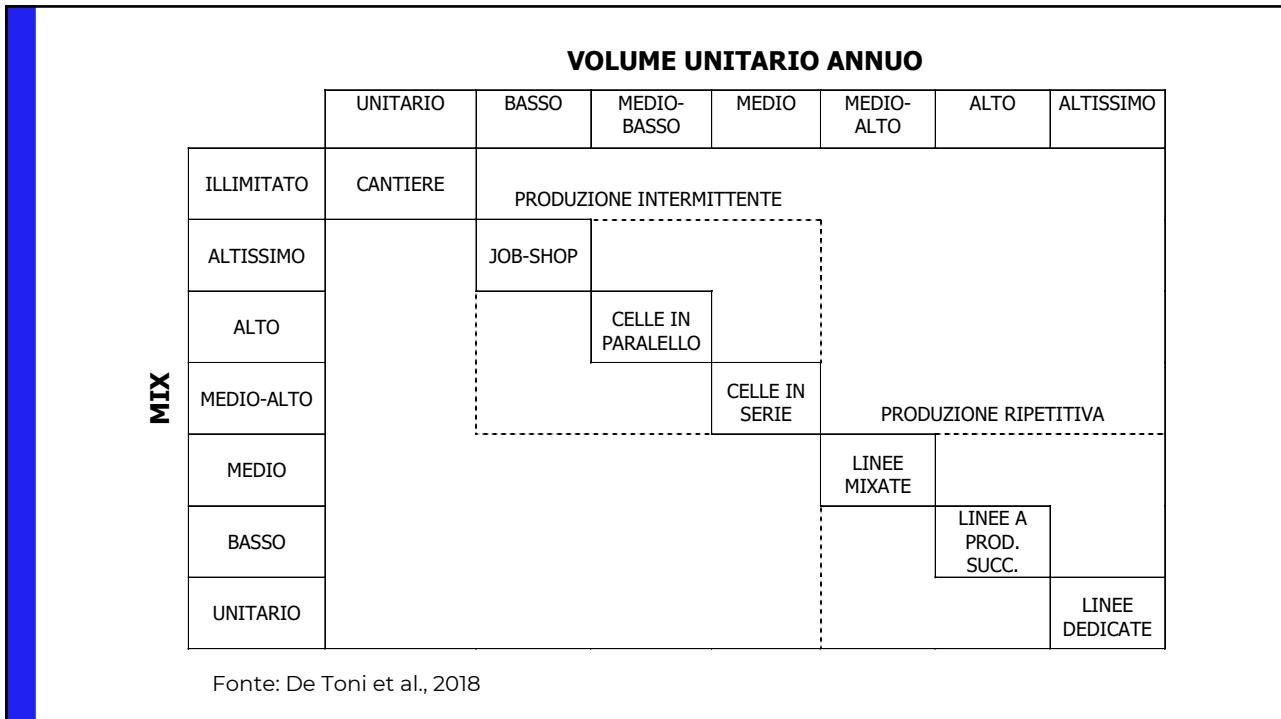
Figura 6.9 – Confronto tra job-shop e sistema in celle in particolare alla Kawasaki USA.



Il lay-out a celle consente di ridurre il LT_{attr} e lo spazio occupato

Fonte: De Toni et al., 2018

100



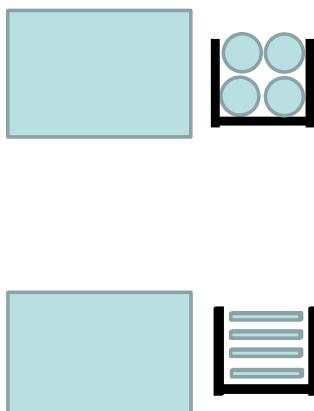
101

Tecniche e principi del lean management

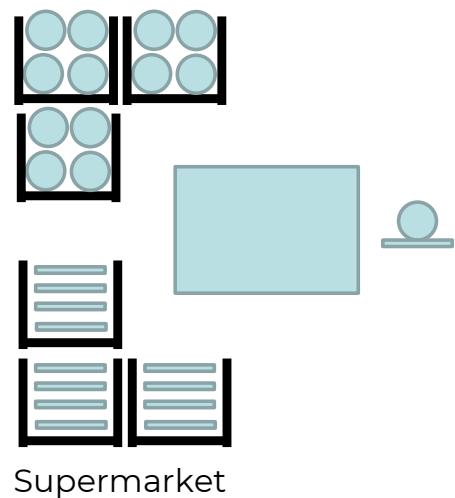
1. Identificazione/mappatura del valore per il cliente ed eliminazione degli sprechi
 - *VSM, VA/NVA analysis, Industrial Engineering (SMED, 5S, T_{std}), TPM*
2. Flusso continuo e livellamento della produzione (*one piece flow, heijunka, mixed modelling, celle di produzione*)
3. **Processi pull attivati dalla domanda del cliente (kanban)**
4. Miglioramento (*PDCA, A3, autonomazione-jidoka, visual management, poka yoke*)
5. Rispetto per l'individuo e coinvolgimento dal basso (*bottom-up, kata*)

103

Kanban

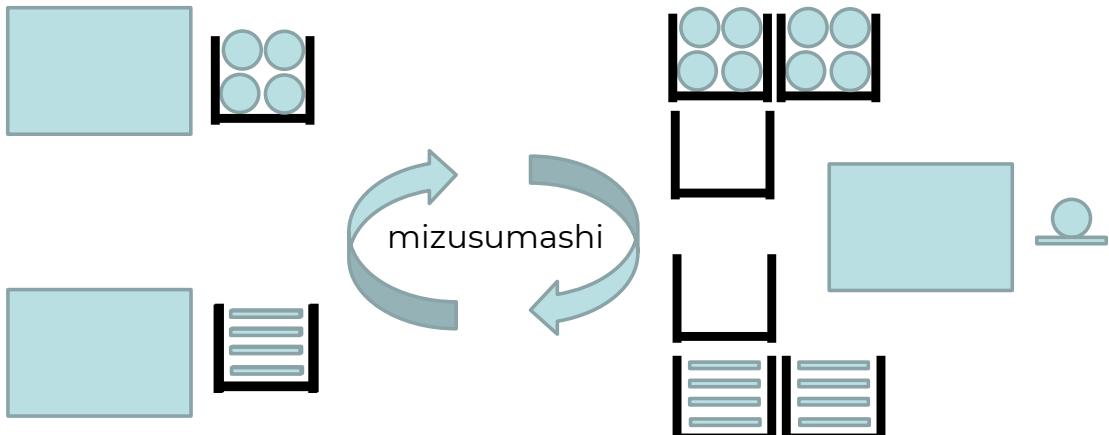


Supermarket



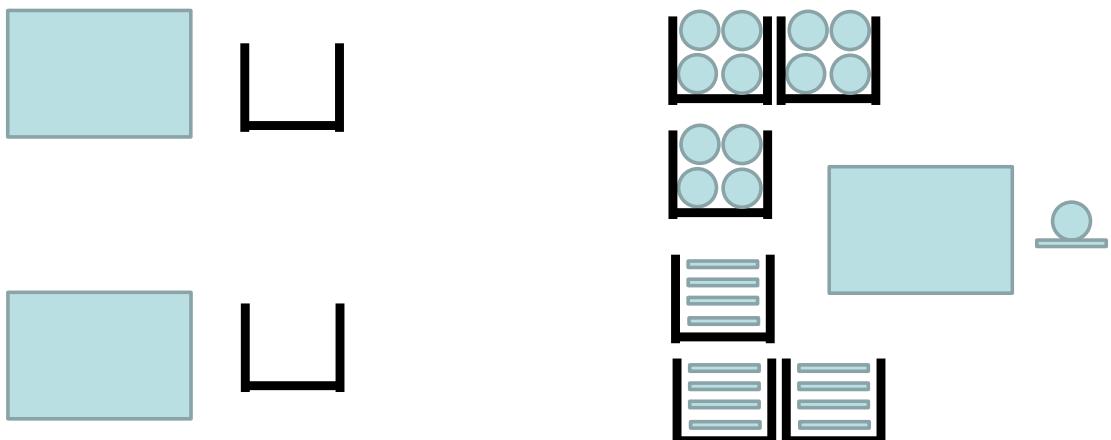
104

Kanban



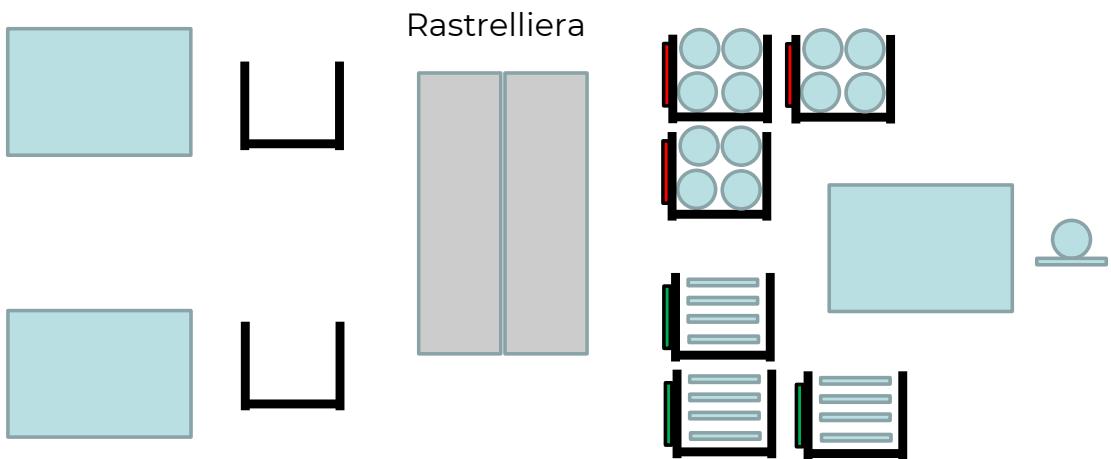
105

Kanban



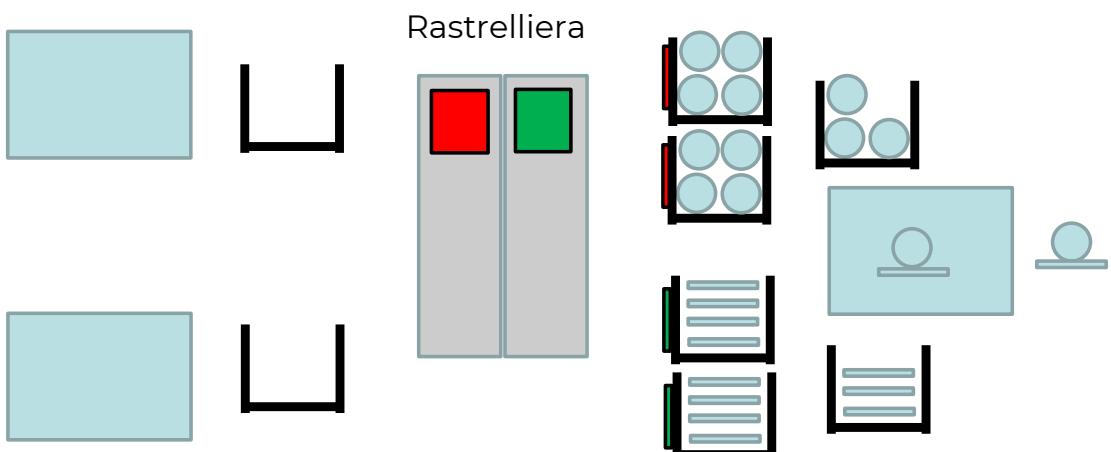
106

Kanban



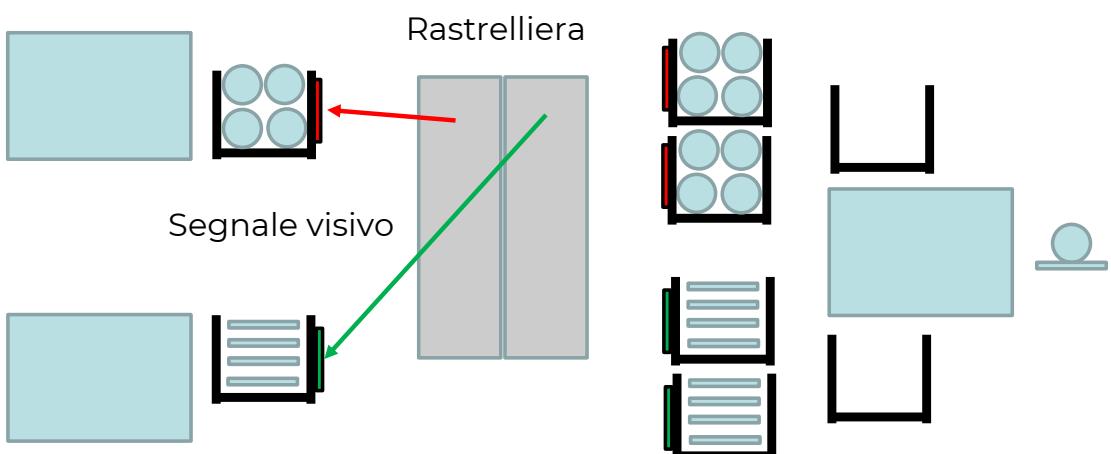
107

Kanban

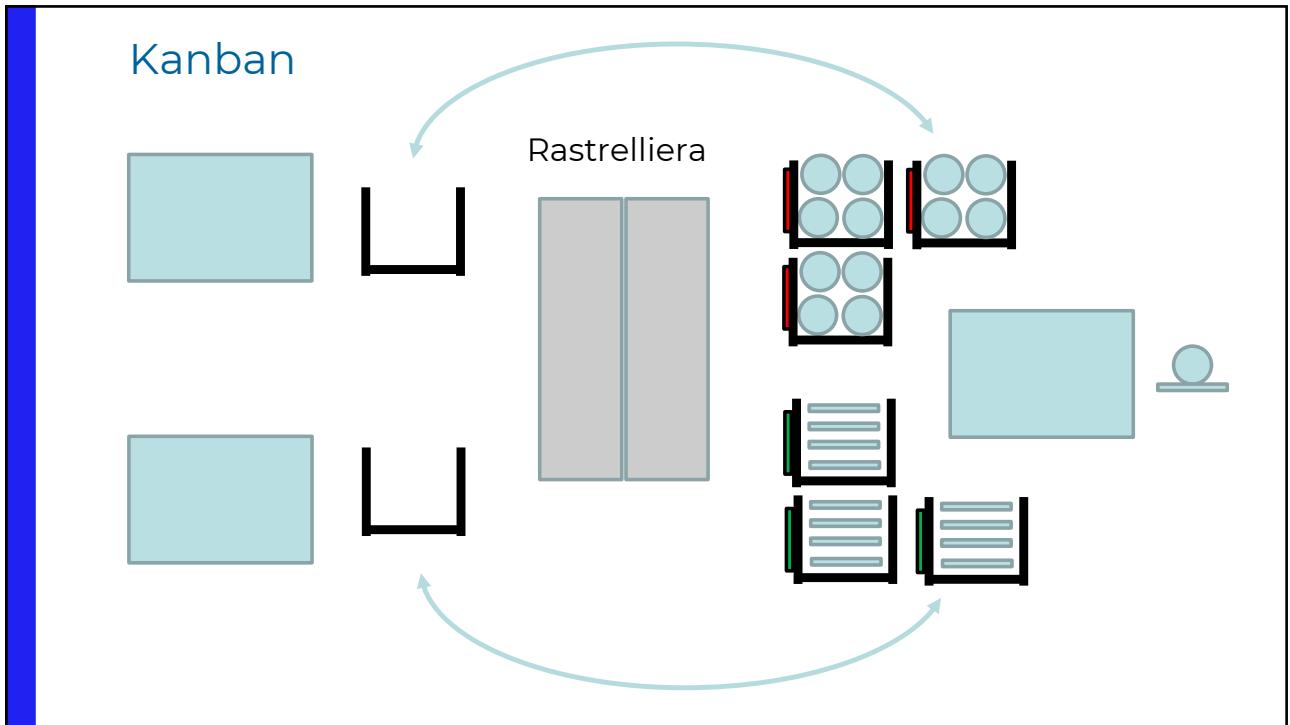


108

Kanban



109



110

Lean Thinking

Lean Thinking is “lean” because it provides a way to do more and more with less and less - less human effort, less equipment, less time, and less space - while coming closer and closer to providing customers with exactly what they want

Womack, J. and Jones, D. (1996), *Lean Thinking*, Touchstone books, London (p.15).

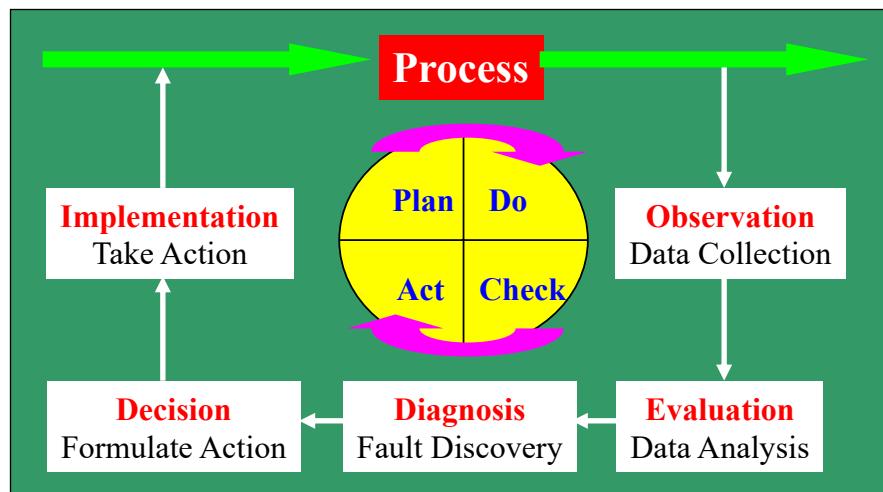
8

Tecniche e principi del lean management

1. Identificazione/mappatura del valore per il cliente ed eliminazione degli sprechi
 - *VSM, VA/NVA analysis, Industrial Engineering (SMED, 5S, T_{std}), TPM*
2. Flusso continuo e livellamento della produzione (*one piece flow, heijunka, mixed modelling, celle di produzione*)
3. Processi *pull* attivati dalla domanda del cliente (*kanban*)
4. **Miglioramento (PDCA, A3, autonomazione-jidoka, visual management, poka yoke)**
5. Rispetto per l'individuo e coinvolgimento dal basso (*bottom-up, kata*)

120

La ruota di Deming (ciclo PDCA)



121

Ruota di DEMING in Cesab



Alla CESAB ogni mattina dalle 8.30 alle 8.45 gli operatori di ogni linea segnalano al top management i problemi avvenuti il giorno precedente



Il manager deve attivare il processo di problem solving e tenerne traccia

122

Suggerimenti dal basso



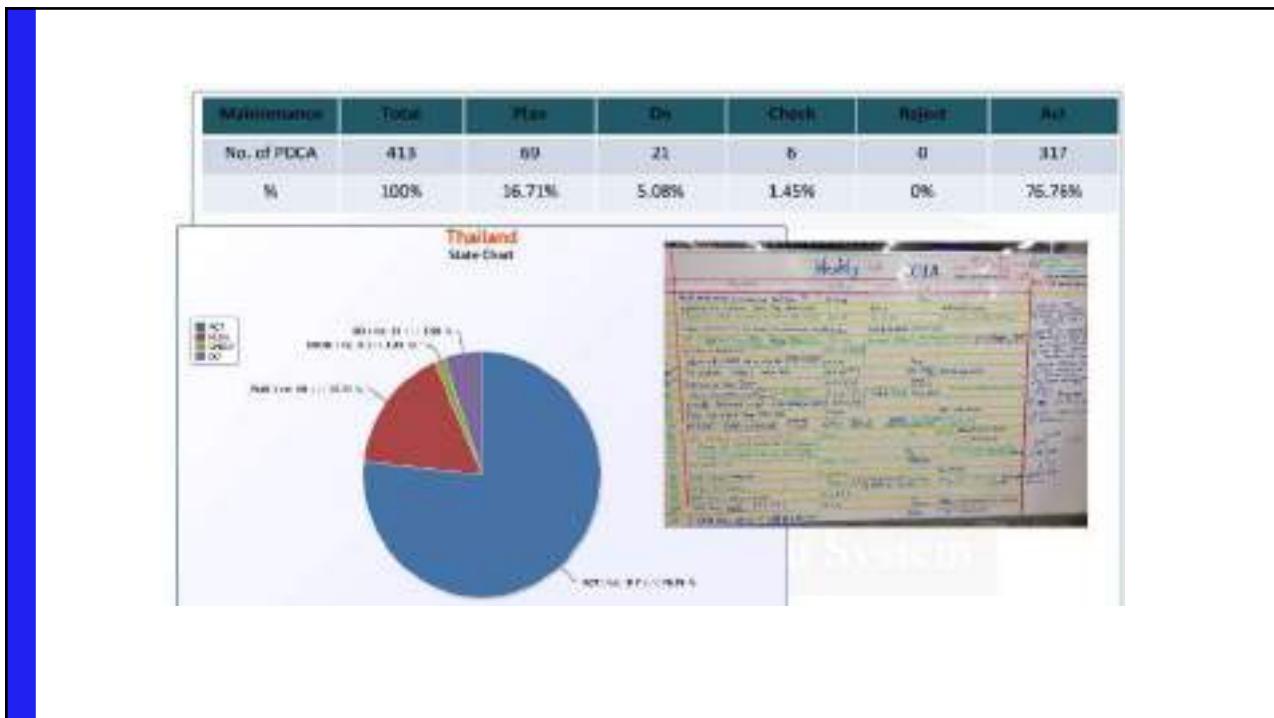
Il monitoraggio riguarda i problemi dovuti a fornitori, linea assemblaggio, processo di verniciatura, progettazione e produzione

123

Monitoraggio del miglioramento

Data	Foto	Descrizione problema	Azione correttiva (chi/quando)	PDCA
11/4/2018		Jhhoppuà Kjäkkùè Jkljjpjkà	Entro il 17/4/2018: "Hgllikkwdwl" (Paolo) Entro il 19/4/2018: "jkweroerewl" (Pietro)	Ok: 14/4/18

124



125

Lavorare in team: il metodo scientifico A3

Il problema generalmente corrisponde a uno spreco rilevato nella propria attività quotidiana

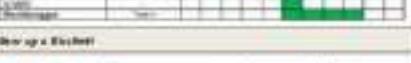
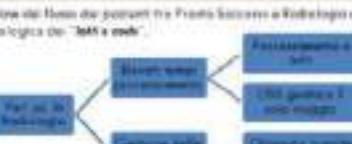
Progetto Un solo problema in Radiologia		Bonus QM&ES	Dato: Novembre 2013
Definizione del problema:	Q: sono molti problemi che interferiscono con il corretto Radiologo in attesa dell'esame.		
Sintesi attuale:	<ul style="list-style-type: none"> 25.019 pazienti vengono radiologi seguiti (mese di 44 giorni risulta in ingresso di 560). 15.720 pazienti entrano in Radiologia (560). 13.400 pazienti vengono Radiologo seguiti. Cronaca: 44.000 minuti/anno. 		
<p>Dettagli: In 2013 Radiologo esce: il sistema di monitoraggio non è stato implementato.</p> <p>Radiologia ha un solo problema: è la tardività.</p> <p>• 12 mila gg tardativi</p> <p>• 4 mila gg pre-tardativi</p> <p>Stavolta: non corrispondono tutti, nel corso della Radiologia, tutti i pazienti assolti.</p>			
Anelli della causa reale:	<p>La tardività dei pazienti che provengono da Radiologia è causata da diversi fattori:</p> <ul style="list-style-type: none"> A: Radiologia è l'ultimo passaggio del paziente. B: paziente è già pronto. C: paziente non è pronto. 		
Tempo:	<p>Giornale ON/PACE FLOW:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riduzione tempo processamento • riduzione pazienti in corredore 		
Plan:	<p>Plan:</p> <ul style="list-style-type: none"> • riduzione tempo processamento • riduzione pazienti in corredore 		
Do:	<p>• Consultazioni: 1 → 0 min.</p> <p>• Radiologi: 1,5 → 2 min.</p>		
Check:	<p>• Radiologi: 1,5 giorni per 2 min.</p> <p>• Radiologi: 20 giorni per il mese.</p>		
Follow Up:			

126

Progetto My care assistante in Radiologia

Scenari OASIS

Data Novembre 2013

Descrizione del problema		Customer's profile	
Ci sono molti problemi che insorgono contemporaneamente nel corredio Radiologico in attesa dell'esame.		Tutti	Assisi
		Tutti i pazienti presenti in sala di attesa Radiologico	
Situazione attuale			
A B C		Spesso si usano rappresentazioni grafiche per mappare la situazione AS-IS e misurarne la performance	
Dettaglio dei problemi: A: Problemi di attesa in sala di attesa Radiologico. B: Problemi di attesa in sala di attesa Radiologico. C: Problemi di attesa in sala di attesa Radiologico.			
Dettaglio: A: 22.019 pazienti (10.000 Radiologia, 4000 RT, 10.000 RT) (tempo 6-44 hr) nel corredio Radiologico. B: 18.720 pazienti (tempo attesa in Radiologia 100 minuti). C: 18.400 pazienti (tempo attesa in Radiologia 100 minuti). Dati: 44.600 pazienti totali.			
Dettaglio: A: Il momento in cui la Radiologia apre il paziente al momento in cui il paziente viene portato in Radiologia (tempo attesa in attesa).		Performance: A: 13 minuti (tempo totale). B: 4 minuti (tempo attesa).	
Dettaglio: A: Distanza complessiva percorsa dal paziente Radiologico (tempo 2 giorni) (assestato).			
Analisi delle cause radice: A: La gestione dei flussi dei pazienti fra Radiologia e Radiologia riguarda la creazione di un piano logistico che "mette a posto".		Performance: A: Risultato: 42% dei tempi di attesa sono ridotti.	
			
Target: Obiettivo ONE PLACE FLOW: <ul style="list-style-type: none"> - riduzione tempo processamento - riduzione pazienti in corredio 			
		Follow Up: - pazienti in corredio: 10 → 6 min. - pazienti in sala → 3 min.	

127

Progetto UV: analisi della Radiologia	Bonus OHSLS	Data: Novembre 2013
Descrizione del problema: Ci sono molti pazienti che ricevono trattamenti necessari nel corso del Radiologo in attesa dell'ospedale.	Controllare prospettiva:	
Sintesi attuale: 20.019 presenze (2013) Radiologia 400-450 (tra i 4-44% di cui insieme al PES). 16.720 presenze stimolate in Radiologia ER. 13.455 presenze stimolate in Radiologia ER. Differenza: 24.450 controlli inviati. Dai momenti in cui la Radiologia accetta il paziente ai momenti in cui Radiologia invia il paziente: • 12 min. per trattamento • 4 min. per elaborazione	Tassei Azioni: • Trasferire pazienti con le sigle (tra PES e Radiologia)	
 Problema: non sono presenti norme nel controllo Radiologico (Radiology Control and Audit).	Plan of Deployment and Action:	
Analisi delle cause reale: La qualità del flusso dei pazienti tra Radiologia e Radiologo segue la corretta sequenza logica del "Radiologia control".	Follow-up e Risultati:	
<p>Diagramma a spina di pesce (fishbone diagram) mostrante le cause del problema:</p> <ul style="list-style-type: none"> Radiologia senza norme Radiologia senza controllo Radiologia senza elaborazione Radiologia senza trattamento Radiologia senza segnalazione di PES Radiologia senza controllo 	Risultato: In 42% dei campioni di Radiologia si riscontrano controlli con ritardi.	
Target:	Follow Up:	
Creare un OMEPIECEFLOW:	Dicembre: d → 10 min. Gennaio: 13 → 2 min.	
<ul style="list-style-type: none"> riduzione tempi processamento riduzione postback in radiologia 	<ul style="list-style-type: none"> controlli da 10 giorni per 2 mesi; controlli da 20 giorni per il resto 	

128

Progetto: Un solo sistema in Radiologia

Borsa: OMAIS

Data: Novembre 2013

Descrizione del problema		Controllare i progetti	
Tema	Azioni		
Processamento di dati	+ Problema identificato da oggi: ONE FILE FLOW		
OSS partite I con maggiore	+ 1000 prenotazioni per giorno con 40000 Radiologi in rete di partner e 1000 di avvenuti		
Deve essere SMART			
<ul style="list-style-type: none"> Sfidante: impegnativo e di reale impatto sull'ambiente di lavoro Misurabile: esprimibile in termini quantitativi Accettato: condiviso tra i membri del team Realistico: raggiungibile in tempi certi Tracciabile: monitorabile nel tempo 			
Analisi delle cause radice La spartizione dei flussi dei pazienti fra Fronte Soccio e Radiologia è tipologicamente di "MAN a molti".			
Scopri Obiettivo ONEFILE FLOW • riduttore tempi processamento • riduzione posti in coda		 Punto condotto con monitoraggio continuo	
Segnali Obiettivo ONEFILE FLOW • riduttore tempi processamento • riduzione posti in coda		 Follow Up: Visitare a 15 giorni per 2 mesi Visitare a 30 giorni per il resto	

129

Progetto: Un solo sistema in Radiologia

Borsa: OMAIS

Data: Novembre 2013

Descrizione del problema		Controllare i progetti	
Tema	Azioni		
Processamento di dati	+ Problema identificato da oggi: ONE FILE FLOW		
OSS partite I con maggiore	+ 1000 prenotazioni per giorno con 40000 Radiologi in rete di partner e 1000 di avvenuti		
Cognitivo Tracce di dati	+ Cognitivo in linea con 1000 Universizzazioni nelle Radiologie ad OMAIS		
Controllare i progetti			
Controllare i progetti per ulteriormente causare radice del problema			
TEMPO	AZIONE		
CAUSALE	00 -		
CAUSALE	00 -		
CAUSALE	00 -		
Follow Up:			
Visitare a 15 giorni per 2 mesi Visitare a 30 giorni per il resto			

130

Progetto Un solo sistema in Radiologia

Bonus: OAKS

Dato: Novembre 2013

Descrizione del problema		Cominciare progetto	
Ci sono vari problemi che insorgono contemporaneamente nel corridoio Radiologia in attesa dell'esame.		Tema	Azioni
Storia	Plane di implementazione	Problemi e soluzioni	+ Problemi pazienti per lo studio OAKS RADI
		Attività	+ OAKS preoccupa le persone - paziente con esito Radiologia in modo di gestire i casi e cognizione di avvenuti
		Attività	+ Giornata in Radiologia risulta troppo lunga - insieme trattamenti ad OAKS
		Attività	+ Giornata in Radiologia risulta troppo lunga - insieme trattamenti ad OAKS

Storia:

25.000
Inizio: 4
15.700
15.400
Centri
Dato: Novembre
Risultato:
+ 1.200
+ 4.000

Plane di implementazione:

CORRI	CSE	QUOTIDIANO
Attività 1	Riferente A	Data 1
Attività 2	Riferente B	Data 2
Attività 3	Riferente C	Data 3
...

Storia: Stessa storia, nel corredio Radiologia non c'è più la sala d'aspetto.

Analisi della causa radice:

La spartizione dei flussi dei pazienti fra Fronte Sbarco e Radiologia risulta la causa radiologica del "TAN a radio".

Segnal:

OAKS ONE PRICE FLOW

- riduzione tempo processamento
- riduzione posti in corridoi

Diagramma:

000-000	000-000	000-000
000-000	000-000	000-000
000-000	000-000	000-000

Follow up e Effetti:

Saturation del 42% in corso
di processamento Radiologia

Punto corridoio con temporaneamente

Da consultare: d → 0 min
- Esami: 1,5 → 2 min

Follow Up:

Visitato a 1,5 giorni per 2 mesi
Visitato a 20 giorni per il resto

131

Progetto Un solo sistema in Radiologia

Bonus: OAKS

Dato: Novembre 2013

Descrizione del problema		Cominciare progetto	
Ci sono vari problemi che insorgono contemporaneamente nel corridoio Radiologia in attesa dell'esame.		Tema	Azioni
Storia:	Plane di implementazione	Problemi e soluzioni	+ Problemi pazienti per lo studio OAKS RADI
		A OAKS paziente I - sala maggiore	+ OAKS preoccupa le persone - paziente con esito Radiologia in modo di gestire i casi e cognizione di avvenuti
		B Giovani senza prenotazione	+ Giornata in Radiologia risulta troppo lunga - insieme trattamenti ad OAKS
		C	+ Giornata in Radiologia risulta troppo lunga - insieme trattamenti ad OAKS

Storia:

25.000 persone sono in Radiologia ogni giorno
(Inizio: 4.000 persone in Radiologia ogni giorno)

15.700 persone sono insomma in Radiologia oggi.

Follow up e Effetti:

Follow up → Monitoraggio dello stato di avanzamento del progetto.
Dashboard → Rapporto del progetto sul problema illustrando le quantificabili come è cambiato prima e dopo l'intervento (ex: giorni di degenerazione, esempi precisi, tempi recuperati ecc.)

Segnal:

OAKS ONE PRICE FLOW

- riduzione tempo processamento
- riduzione posti in corridoi

Diagramma:

000-000	000-000	000-000
000-000	000-000	000-000
000-000	000-000	000-000

Follow up e Effetti:

Saturation del 42% in corso
di processamento Radiologia

Punto corridoio con temporaneamente

Da consultare: d → 0 min
- Esami: 1,5 → 2 min

Follow Up:

Visitato a 1,5 giorni per 2 mesi
Visitato a 20 giorni per il resto

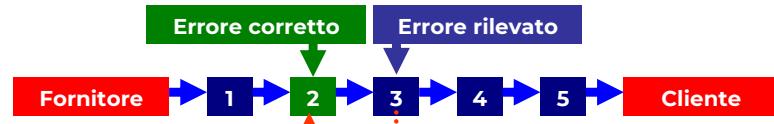
132

Autonomazione (jidoka) 自動化 自働化

- Autonomazione = automazione+intelligenza (*self-judging and controlling machine*)
 - **Autocontrollo** (*self-check*): durante o subito dopo l'esecuzione dallo stesso operatore che può fermare la linea (oppure la macchina si ferma da sola)

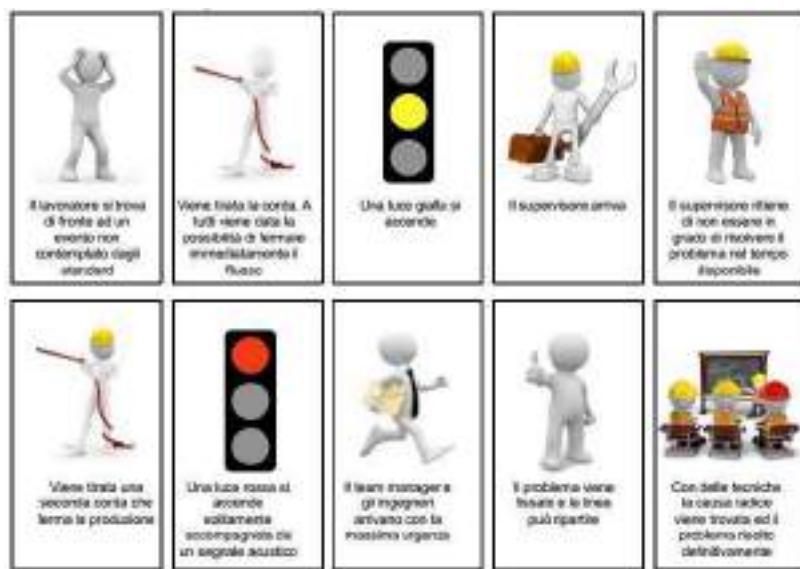


- **Check successivi:** l'operatore a valle ispeziona tutto quanto gli viene trasmesso dall'operatore a monte e in caso di problemi ferma la linea



133

Andon



Faorlin, MALM 6, 2013

134



Figura 4.8 - Esempio di sistema Andon (Materiale Electrolux Professional)

135



Visual Control in Action: An Andon Board



Source graphic: www.salecaster.com.

136

Esempio di poka yoke

Poka yoke: a prova di errore

Un tempo

Baka yoke: a prova di stupido
(coniato da Shingo)



La mancata chiusura dello sportello di un fermentatore rotante ha fatto sprecare 6 tonnellate di uva a un produttore. Un meccanismo poka yoke che non permette l'avvio della rotazione se lo sportello non è chiuso avrebbe evitato il problema

137

Esempio di poka yoke

Contenitore per picking

Se l'operatore preleva il materiale errato il sistema indica visivamente l'errore



Dima di posizionamento

Il sistema di spine di centraggio e l'elemento di fissaggio impedisce di posizionare il pezzo con un orientamento scorretto



Faorlin, MALM 6, 2013

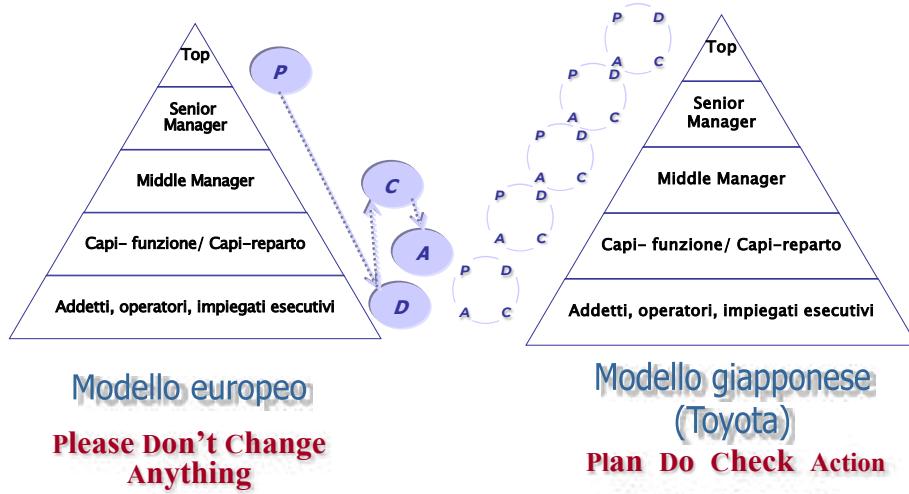
138

Tecniche e principi del lean management

1. Identificazione/mappatura del valore per il cliente ed eliminazione degli sprechi
 - VSM, VA/NVA analysis, Industrial Engineering (SMED, 5S, T_{std}), TPM
2. Flusso continuo e livellamento della produzione (*one piece flow, heijunka, mixed modelling, celle di produzione*)
3. Processi *pull* attivati dalla domanda del cliente (*kanban*)
4. Miglioramento (*PDCA, A3, autonomazione-jidoka, visual management, poka yoke*)
5. Rispetto per l'individuo e coinvolgimento dal basso (*bottom-up, kata*)

139

Rispetto per l'individuo (bottom-up)



Fonte: Tanaka, MALM1, 2007

140

I due obiettivi originari del TPS

Obiettivo 1: Production efficiency by consistently and thoroughly eliminating waste

Obiettivo 2: The equally important respect for humanity"

Ohno, T. (1988), *Toyota Production System*, Productivity Press, Portland, OR.

141

Taiichi Ohno

"I'm proud to be Japanese and I wanted my country to **succeed**. I believed my system was a way that could help us become a modern industrial nation. That is why I had no problem with sharing it with other Japanese companies, even my biggest competitors."

- Taiichi Ohno -

Source: Probst, D. (1999) Taiichi Ohno

"But I was **very, very concerned** that you Americans and the Europeans would understand what we were doing, copy it, and defeat us in the marketplace."

- Taiichi Ohno -

Source: Probst, D. (1999) Taiichi Ohno

Fonte: Emiel van Est & Pascal Pollet, Did Toyota fool the lean community for decades?

142

Taiichi Ohno

"I did my best to **prevent** the visitors from fully grasping our overall approach."

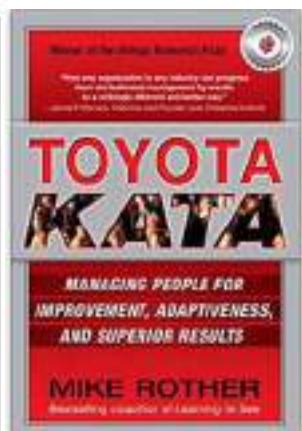
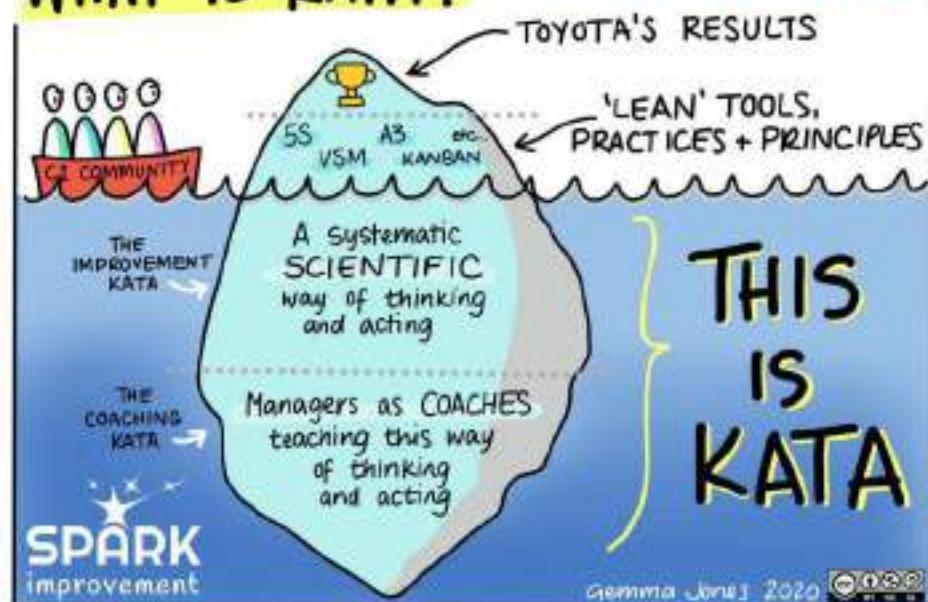
- Taiichi Ohno -

"I explained it by talking about techniques ... with Japanese names like **kanban**..."

- Taiichi Ohno -

143

WHAT IS KATA?



2010

144

13

Il kata



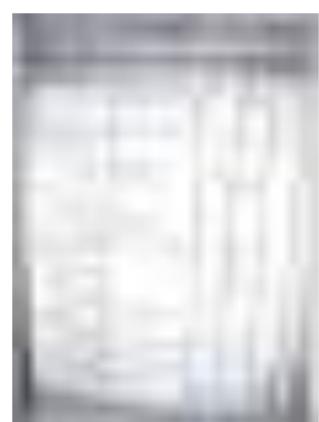
Il kata è una routine strutturata di pensiero e comportamento che si pratica in maniera volontaria finché diventa un'abitudine. È responsabilità dei manager insegnare, attivare e sostenere tale routine.

145

Management by results



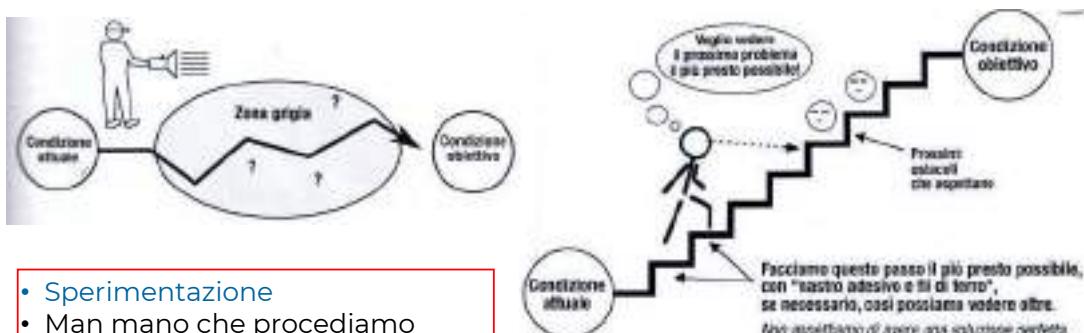
- Orientamento all'implementazione: focalizzazione sui risultati e sulle **soluzioni**
- Noi crediamo già di conoscere le soluzioni per arrivare alla performance obiettivo, ma in questo **modo non sperimentiamo** e quindi non innoviamo
- L'uomo ricerca la **certezza** (zona di comfort, conferma delle proprie idee); un percorso chiaro e noto per arrivare ad un obiettivo; ma bisogna navigare nell'incertezza per fare emergere le soluzioni più sfidanti e innovative



Fonte: Rother, Toyota Kata

146

Management by means



- **Sperimentazione**
- Man mano che procediamo scopriamo delle cose e **apprendiamo**
- La soluzione **non** può essere nota **a priori**
- Raggiungere delle sfide richiede di addentrarsi nell'**incertezza**

Facciamo questo passo il più presto possibile, con "bastone adesivo e fil di ferro", se necessario, così possiamo vedere altre. Non aspettiamo di avere una soluzione perfetta. Un passo provvisorio va più che bene.

Fonte: Rother, Toyota Kata

Il Toyota Kata dà un **metodo** (certezza) per affrontare l'ignoto (problema sfidante di cui non conosco la soluzione). Il metodo deve diventare **abitudine**.

147

I kata

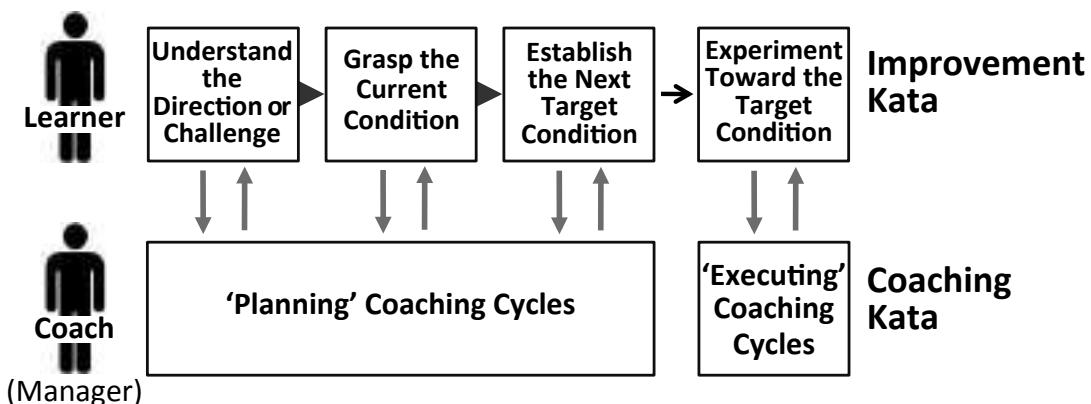


- Il kata del coaching avviene tra allievo e maestro
- Il kata del miglioramento si applica ad un processo

Fonte: Rother, Toyota Kata

148

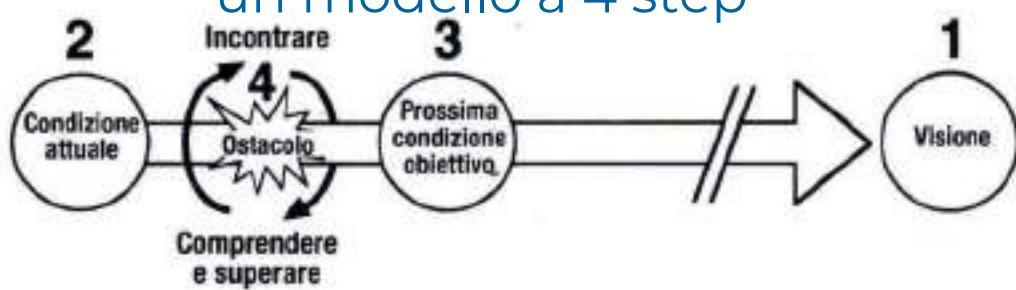
I kata



Fonte: Rother, Toyota Kata

149

Kata del miglioramento: un modello a 4 step

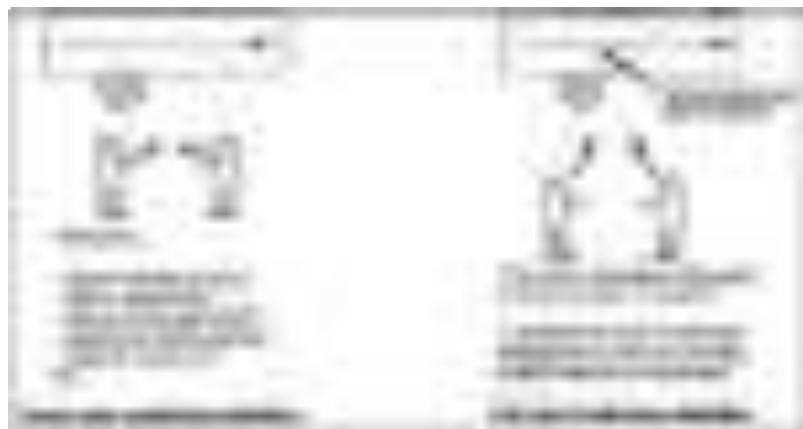


- 1) Tenendo conto di una visione, direzione, obiettivo
- 2) Con una comprensione diretta della condizione attuale
- 3) Viene stabilita una condizione obiettivo successiva nella direzione della visione
- 4) Ci impegniamo a muoverci verso la condizione obiettivo incontrando degli ostacoli che determinano su cosa dobbiamo lavorare

Fonte: Rother, Toyota Kata

150

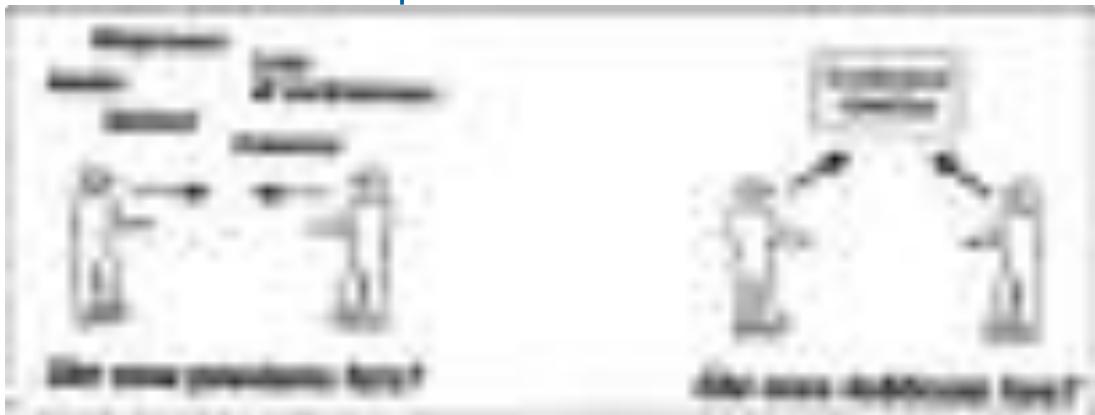
Differente approccio in presenza di una condizione obiettivo



Fonte: Rother, Toyota Kata

151

Spersonalizzare



La domanda non è più: **se** potremmo fare una cosa o un'altra ma, dato che dobbiamo raggiungere la nostra condizione obiettivo e avvicinarci alla visione, **come** dobbiamo fare a superare gli ostacoli per realizzarla?

Fonte: Rother, Toyota Kata

152

Gli strumenti



154

Il record dei cicli PDCA

Record dei cicli PDCA (ogni riga= un esperimento)				
Obstacle:	Process:			Coach:
	Learner:	Process:	Coach:	
Qual è il tuo prossimo step?	Cosa ti aspetti?	Ciclo di coaching Esperimento	Cosa è successo?	Cosa hai appreso?

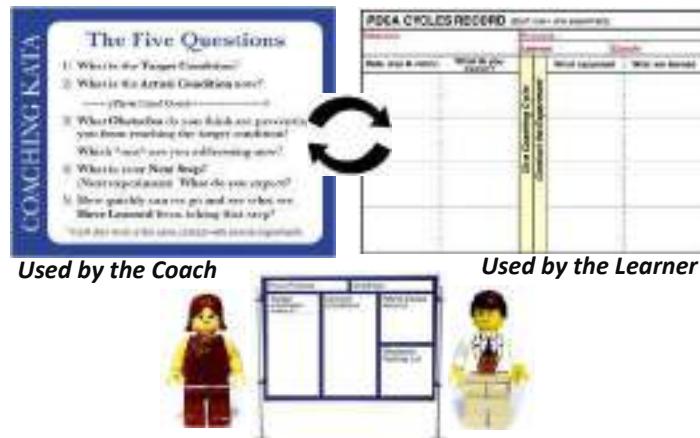
157

157

18

I cicli PDCA

2 strumenti usati dal coach e dal learner davanti la tabella sono:



Il kata del coaching

CARD 5 DOMANDE

1. Qual è la **CONDIZIONE OBIETTIVO**?
2. Qual è la **CONDIZIONE ATTUALE** ora?
----- (Gira la card) ----->
3. Quali **OSTACOLI** credi che ti impediscono di raggiungere la condizione obiettivo?
QUALE (I soli) stai affrontando adesso?
4. Qual è il tuo **PROSSIMO STEP** (prossimo PDCA)? Che cosa ti aspetti di ottenere?
5. Quando possiamo andare a vedere che cosa abbiamo imparato da quello step?

Retro della Card - Riflessione

RIFLETTI SULL'ULTIMO STEP
(Perché non sai mai in cosa risulterà il tuo step!)

1. Qual è stato il tuo **ULTIMO STEP**?
2. Che cosa **ti aspettavi**?
3. Che cosa **è successo nei fatti**?
4. Che cosa **hai appreso**?
----- (Gira la card) ----->

KATA DEL COACHING

Approfondimenti su www.toyotakata.it

© Mike Rother - Traduzione di Anna Possio

QR code linking to www.toyotakata.it

Risultati ottenibili

- Womack e Jones, *Lean Thinking*, p. 27
- raddoppio della produttività del lavoro
- riduzione dei tempi di attraversamento del 90%
 - riduzione delle scorte del 90%
- dimezzamento delle non conformità interne ed esterne
 - riduzione degli incidenti sul lavoro
 - dimezzamento del time to market

160

Es. produttore “eccellente” di sensori industriali

- Ha vinto il premio Shingo
- Viene supportato in un progetto lean dal Toyota Supplier Support Center US
- Dopo 9 mesi si sono ottenuti i seguenti risultati
 - Riduzione del 46% del LT di produzione (da 12 a 6,5 ore)
 - Riduzione dell'83% delle scorte WIP (da 9 a 1,5 ore)
 - Riduzione del 91% delle scorte di PF (da 30.500 a 2.890 pz)
 - Riduzione del 50% degli straordinari (da 10 a 5 ore/persona settimanali)
 - Incremento dell'83% della produttività (da 2,4 a 4,5 pz/ora di lavoro)

Toyota Way, 2004, p. 13-14

161

I risultati del lean secondo il campione HPM

Paese	Stabilimenti
Austria	21
Finlandia	30
Germania	41
Italia	27

Paese	Stabilimenti
Giappone	35
Corea	20
Svezia	24
USA	26

Settore	Stabilimenti
Meccanico	76
Elettrico-Elettronico	72
Componentistica auto	76

Tot. 224
stabilimenti

163

I risultati del lean secondo il campione HPM

Pratiche lean considerate (percettive 1-7)

Le nostre macchine sono disposte in modo tale da supportare un flusso produttivo di tipo "just in time".

Possiamo fare affidamento su consegne con modalità "just in time" da parte dei nostri fornitori.

I nostri clienti sono collegati a noi mediante un sistema a trazione di tipo "pull".

I nostri fornitori operano mediante riempimento di nostri contenitori (kanban), invece che mediante ordini di acquisto.

Nel nostro piano principale di produzione è prevista la realizzazione dello stesso mix di prodotti sia su base oraria che giornaliera (livellamento)

...

164

21

Impatto sulle prestazioni (dati mondo)

Prestazione	Aziende con minore uso di pratiche lean	Aziende con uso intermedio di pratiche lean	Aziende con maggiore uso di pratiche lean
Puntualità % ordini consegnati puntualmente	85,3%	91%	94,1%
Qualità % prodotti difettosi	14,6%	7%	6,3%
Tempo di attraversamento Tempo da MP a PF	64,6 gg	48,7 gg	23,1 gg
Soddisfazione clienti Percettiva 1-7	5	5,3	5,5

165

Impatto sulle prestazioni (dati Italia)

Prestazione	Aziende con minore uso di pratiche lean	Aziende con uso intermedio di pratiche lean	Aziende con maggiore uso di pratiche lean
Puntualità % ordini consegnati puntualmente	75,2%	92,5%	94,7%
Qualità % prodotti difettosi	6%	5,9%	4,8%
Tempo di attraversamento Tempo da MP a PF	36,8 gg	33,9 gg	25 gg
Soddisfazione clienti Percettiva 1-7	5	5,3	5,8

166



INIZIARE LA TRASFORMAZIONE SNELLA: UN CASO PROBLEMATICO!

167



L'azienda

- Fatturato 2007: 65 mln € (+16% resp. 2006)
- Mercato: 50% Italia e 50% Export
- 57% del fatturato deriva da prodotti introdotti nell'ultimo anno
- Non è un'azienda in crisi
- Il progetto lean inizia nel giugno 2005 per risolvere problemi di supply chain esterni ed interni ("i materiali non arrivano dai fornitori e le linee non vengono servite nelle quantità e nei tempi richiesti"!)

168

Il progetto lean

- Premesse sbagliate: progetto nasce in modo reattivo, per risolvere un problema molto ristretto e non in modo proattivo come strategia manageriale comunicata a tutti
- Inizialmente viene coinvolto solo il top management con una visita a un'azienda lean in Veneto; viene suggerita la lettura di *Lean Thinking* e vengono giocati il beergame e il lean game
- Fino a progetto avanzato non vengono comunicati gli obiettivi e il piano di azione ai dipendenti (Please Do Not Change Anything invece di PDCA!)

169

Il progetto lean

- Premesse sbagliate: progetto nasce in modo reattivo, per risolvere un problema molto ristretto e non in modo proattivo come strategia manageriale comunicata a tutti
- Inizialmente viene coinvolto solo il top management con una visita a un'azienda lean in Veneto; viene suggerita la lettura di *Lean Thinking* e vengono giocati il beergame e il lean game
- Fino a progetto avanzato non vengono comunicati gli obiettivi e il piano di azione ai dipendenti (Please Do Not Change Anything invece di PDCA!)

175



Le prime resistenze

- Circolano voci che l'azienda vuole ottenere aumento di produttività (= lavorare di più)
- Introduzione degli standard in produzione viene vista come un'imposizione dall'alto
- Il concetto di operatori multifunzionali viene travisato: "mi spostano per farmi dispetto"
- La riduzione della lunghezza delle linee (da 60 a 12m) genera il panico: "vogliono farle stare in un camion per portarle più facilmente in Romania"
- Girano voci infondate di delocalizzazione, licenziamenti, chiusura!
- Aneddoto della radio: scontro con le maestranze

176

Importanza della comunicazione

"Quando giunge il momento di iniziare la trasformazione, è necessario che la direzione raccolga le persone e le informi su cosa sta per succedere e cosa si devono aspettare. Si dovrebbe organizzare una riunione o una serie di incontri durante i quali vengono comunicati i programmi, gli obiettivi, le strategie e le ragioni della trasformazione. Lo scopo del meeting è quello di creare una visione per l'immediato futuro, una "guida"

Henderson e Larco, Lean transformation, pag. 95

177

Finalmente si coinvolgono gli operatori

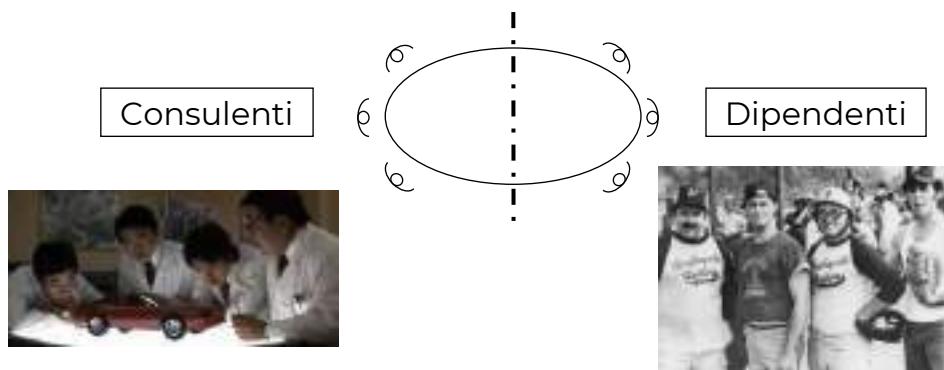
- Ottobre 2005: distribuzione di Lean Thinking ai capi reparto
- Giocati il lean game e il beergame (solo operatori Linea A)
- Riunioni uno a molti sul pensiero snello (no feedback)
- I dipendenti erano consulenti dei consulenti
- Novembre 2005: presentazione nuove celle per la linea A
- Prime applicazioni giapponesi: riunioni sugli standard da seguire nella linea A, compilazione della lavagna, 5S, ecc.



178

Il ruolo dei consulenti

“Dai un pesce a un uomo e lo nutrirai per un giorno, insegnagli a pescare e lo nutrirai per tutta la vita”



179

Prime pratiche lean...



180

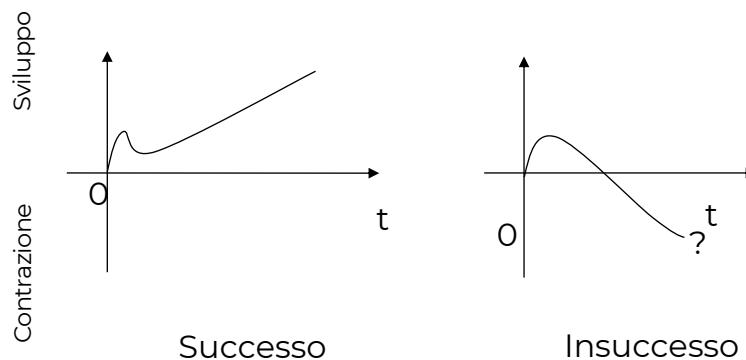
Finalmente si coinvolgono gli operatori

- Maggio 2006: riunioni settimanali con gli operatori linea A
- Iniziano 6 mesi dopo il lavoro sulle linee
- Si parla di “teoria” lean (principi, 5S, schedulazione) e problemi da risolvere
- Annullate da luglio 2007
- Riunioni settimanali con gli operatori di altri reparti:
- Prima e unica riunione estate 2007



181

Andamento del progetto lean



182

Come scongiurare il rallentamento?

- Esplicitazione a tutti della strategia
- Commitment e allineamento del top management
- Formazione a tutti i dipendenti
- Sensei che insegnano il miglioramento e NON sensei che fanno il miglioramento
- Coaching, pazienza, un passo alla volta, rispetto dell'individuo, leadership individuale, micro-obiettivi raggiungibili, non dare soluzioni ma un metodo: Toyota kata



183



Segnali pericolosi...

- Lavagne con indicatori di prestazione negativi e senza note di motivazione: "anche se segnaliamo i problemi, nessuno risolve"
- Lavagne vuote, prestazioni non misurate routinariamente
- Standard non seguiti
- Sfoghi ("noi vorremmo ma loro...")
- Arretramento su ordine, pulizia, meticolosità ("ma sì, va là")
- Impiegati che non vanno nel *gemba*
- Settimane kaizen rinviate perché c'è sempre qualcosa di più urgente (*popcorn kaizen*)

184

Rimuovere gli ostacoli



- MANAGER IPERPRODUTTIVO: *hard worker*, manager operativo, di solito riconosciuto come leader dagli operatori ("lavora con noi"), "non ha tempo per la lean" perché insegue sempre l'operatività
- Fermare il *delirium faciendi* del manager produttivo
- Coinvolgere questa figura nei kaizen event
- Cercare di fargli capire che non c'è nulla di più importante del progetto lean ("neppure i camion che devono partire oggi")



185



Rimuovere gli ostacoli

- TESTE DI CEMENTO: lavoratore mediocre, anti-azienda, resiste alla lean col non svolgere i compiti assegnati, guarda alla lean con uno spirito "Ha da passà 'a nuttata"
 - Formazione e comunicazione
- Allineamento di tutto il management a copertura dei dipendenti "pionieri" nello sperimentare la lean production
- Metterlo in condizione di non nuocere e demotivare
- Deve ricevere un segnale forte che l'azienda non ha intenzione di fermarsi di fronte a niente ("ci servi se cambi")

186

Come iniziare la trasformazione lean?

1. TROVATI UN LEAN AGENT

- Può essere una risorsa dell'azienda (da formare) o una risorsa esterna da acquisire formata (o da formare)

2. OTTIENI LA CONOSCENZA LEAN

- Ricorda che il lean non è solo un insieme di tecniche e che la maggior parte dei "fallimenti" dei progetti lean sono dovuti a problemi relazionali (il "lean fai da te" non funziona!)
- Cerca un "sensei" (es. un ex-Toyota o un consulente con reputazione lean) che possa affiancare il tuo lean agent nella trasformazione
- Fa in modo che tutto il personale possa seguire dei corsi di formazione sul lean management
 - Frequenti i manager, consulenti, docenti che si occupano di lean

3. CREA UNA CRISI

187

Come iniziare la trasformazione lean?

4. DIMENTICA MOMENTANEAMENTE LE GRANDI STRATEGIE
 - Partire dalle cose semplici (es. 5S per riordinare e pulire una linea di produzione)
5. MAPPA IL FLUSSO DEL VALORE
 - Impara ad usare e usa la tecnica VSM
6. INIZIA SUBITO: NON ASPETTARE
7. PRETENDI RISULTATI IMMEDIATI E DOCUMENTATI
8. NON APPENA PUOI CERCA DI ESTENDERE L'APPLICAZIONE DELLE PRATICHE LEAN AD ALTRE AREE AZIENDALI



EMBA
*EXECUTIVE MASTER IN
BUSINESS ADMINISTRATION*

**SUPPLY NETWORK
CONFIGURATION AND
MANAGEMENT**

PROF. PIETRO ROMANO (UNIVERSITÀ DI UDINE)



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE

Agenda

- Concetti introduttivi: supply network, supply chain e supply chain management
- Le decisioni del SCM
 - Configurazione dei supply network
 - Struttura fisica e struttura relazionale
 - Gestione dei processi nei supply network:
 - Acquisti, approvvigionamenti e gestione dei fornitori
 - Logistica, logistica integrata e distribuzione fisica
 - Gestione dei materiali
 - Supply chain management

L'OGGETTO DI STUDIO

FORNITORI

Microfibra
Teijin
(Giappone)

Suole
(Treviso,
Taiwan)

Sacchetti per
imballaggio
(Cina)

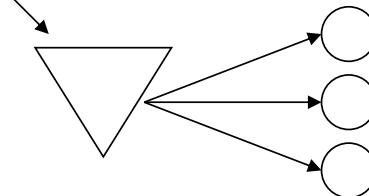
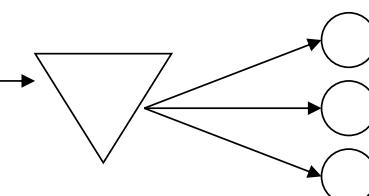
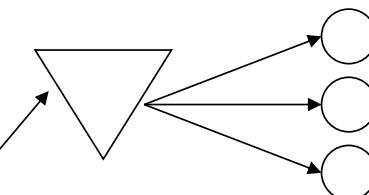
PRODUZIONE

Lab. Serigrafia tomaia
(Treviso)

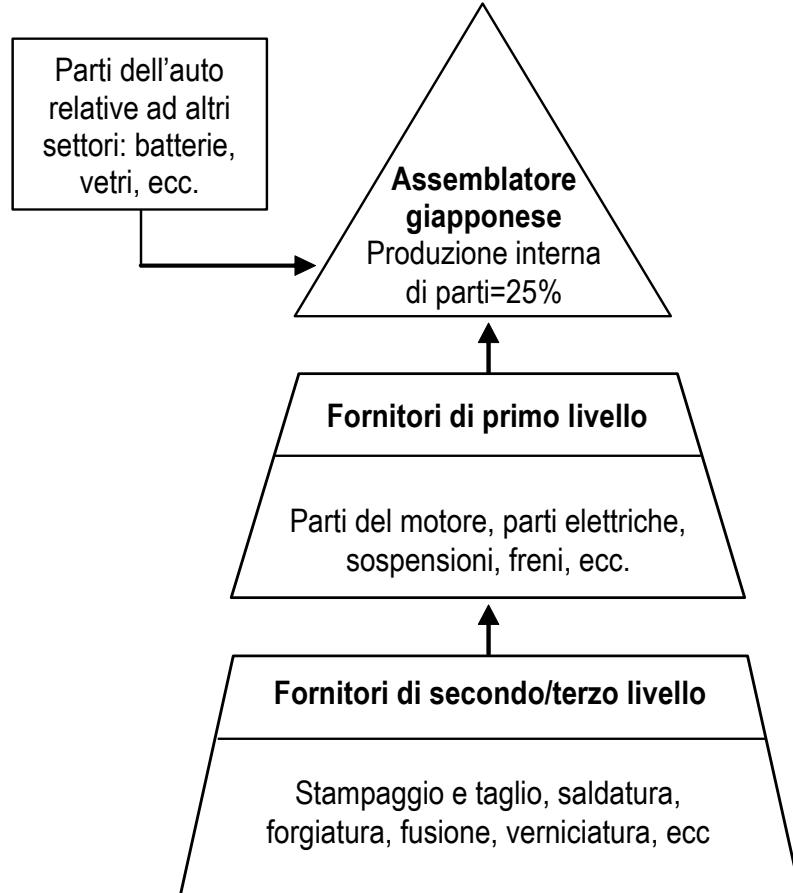
Italia
Taglio materiale di serigrafia; montaggio finale

Bosnia
Taglio fodere ed imbottiture;
assemblaggio chassis;
giunteria tomaia;
preassemblaggio suole

DISTRIBUZIONE



STRUTTURA LEAN DEI SN: I KEIRETSU



- “Società d'affari” (partecipazioni azionarie del leader)
- Struttura a tiers
- 3 dimensioni chiave
 - Ripartizione dei compiti tra le aziende
 - Competizione tra i fornitori
 - Caratteristiche delle transazioni tra le aziende

KEIRETSU: RIPARTIZIONE DEI COMPITI TRA LE AZIENDE

- Struttura del supplier network che rispecchia l'architettura modulare del prodotto
- Struttura piramidale: scendendo aumenta il numero di imprese e diminuisce la dimensione media
- Il leader e i fornitori di primo livello partecipano al kyoryoku kay (circolo cooperativo) e operano in codesign
- Analogamente ai livelli più bassi

KEIRETSU: TIPO E LIVELLO DI COMPETIZIONE TRA I FORNITORI

- Competizione di sviluppo (kaihatsu konpe)
 - Ogni fornitore viene valutato ed eventualmente scelto prima che la progettazione dettagliata del componente da parte del cliente sia terminata
 - La selezione non si basa solo sul prezzo, ma anche sulla capacità del fornitore di sviluppo del componente, dimostrata tramite le proposte dettagliate di progettazione
 - In pratica il fornitore viene selezionato in funzione delle sue capacità dinamiche di lungo termine

KEIRETSU: NATURA E CARATTERISTICHE DELLE TRANSAZIONI TRA LE AZIENDE

- Il contratto tra leader e fornitori di primo livello dura finché c'è domanda per i componenti forniti (es. ciclo di vita del modello di auto)
- La relazione si protrae oltre la durata del contratto
- Fornitore = partner junior
 - Assistenza tecnica, coordinamento, scambi informativi e incontri personali sia durante lo sviluppo del prodotto che durante la produzione

NETWORK SOURCING MODEL (HINES, 1994)

- Struttura di fornitura a livelli (“tiered”) (keiretsu)
- Elevato grado di collaborazione tra clienti e fornitori nella progettazione dei componenti
- Presenza di strette relazioni di lungo termine tra i membri del supplier network
- Uso di un rigoroso sistema di selezione dei fornitori
- Elevato livello di coordinamento tra fornitori e cliente ad ogni livello del supplier network
- Significativo sforzo da parte dei clienti in ogni livello del supplier network per sviluppare individualmente i propri fornitori
- Cliente dominante nella relazione cliente-fornitore: il fornitore è un partner junior

APPROCCI INNOVATIVI PER LA GESTIONE DEI FORNITORI: ***LA LEAN SUPPLY*** (LAMMING, 1993)

- Mette in discussione il modello di partnership giapponese (Beyond Partnership) che prevede un partner senior (cliente) e uno junior (fornitore)
- Modello della subfornitura snella
 - Essendo la relazione un'entità “posseduta” in comune da cliente e fornitore, non c’è motivo per cui la ricerca del miglioramento debba andare in un’unica direzione, solo verso il miglioramento del fornitore (sviluppo del fornitore)
- Anche il fornitore può essere in grado di sviluppare il cliente

ESEMPI DI DIFFERENZE TRA PARTNERSHIP ALLA GIAPPONESE E LEAN SUPPLY

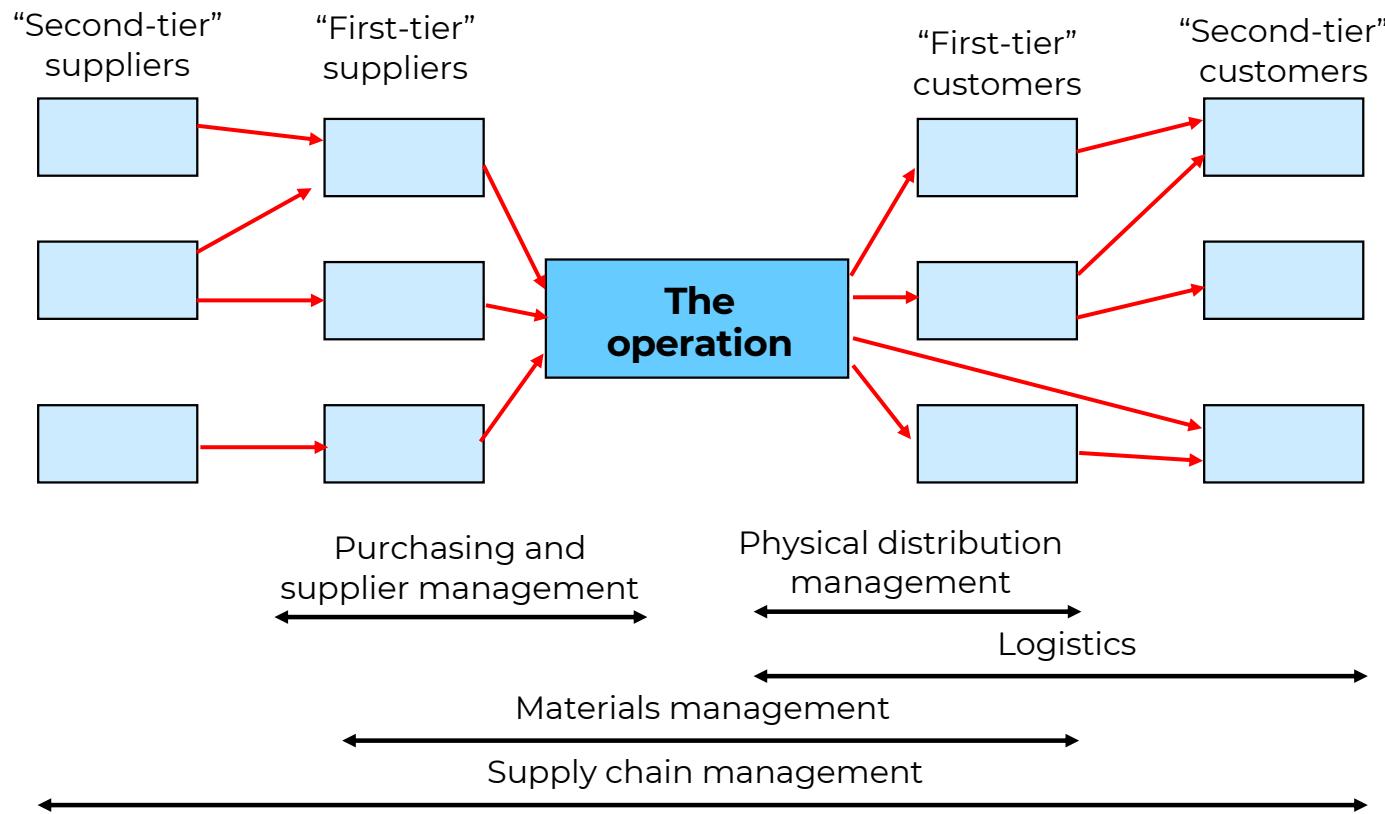
- 1) Il fornitore deve sviluppare le sue tecnologie in modo proattivo (senza attendere le richieste del cliente) divenendo così nella relazione un partner innovativo e trainante
- 2) Open-book negotiation a due vie: trasparenza sui costi e sui processi anche da parte del cliente (così anche il fornitore può dare suggerimenti per migliorare i processi del cliente)
- 3) Valutazione della relazione cliente-fornitore e non solo del fornitore da parte del cliente (si veda esempio->)

NON SEMPRE LA COLPA È DEL FORNITORE...

CLIENTE	PRODOTTI	FORNITORE	EVENTO	DATA INIZIO EVENTO	DATA FINE EVENTO	COMMENTO
Distributore Belgio	ZINACEF INJECTION VIAL 250 MG	Sito produttivo di Verona	Scorte basse	05 gen 2003	07 gen 2003	Domanda superiore al previsto
Distributore Brasile	FORTUM INJECTION VIAL 1 G FORTAZ 1G/17ML	Sito produttivo di Verona	Scorte basse	06 gen 2003		Mancanza del materiale per il confezionamento secondario
Distributore Bulgaria	ZINNAT TABLET 500 MG 2 X 7	Sito produttivo di Verona	Scorte basse	09 gen 2003	10 gen 2003	Domanda superiore al previsto

A volte il fornitore sbaglia per colpa dei dati forniti dal cliente!

SUPPLY NETWORK



Fonte: adattato da Slack et al. (2001)

SVILUPPO DI UNA SUPPLY CHAIN INTEGRATA

Fase 1:

Indipendenza tra i membri della supply chain



Fase 2:

Integrazione interna



Fase 3:

Integrazione della supply chain



Fonte: Romano e Danese (2010)

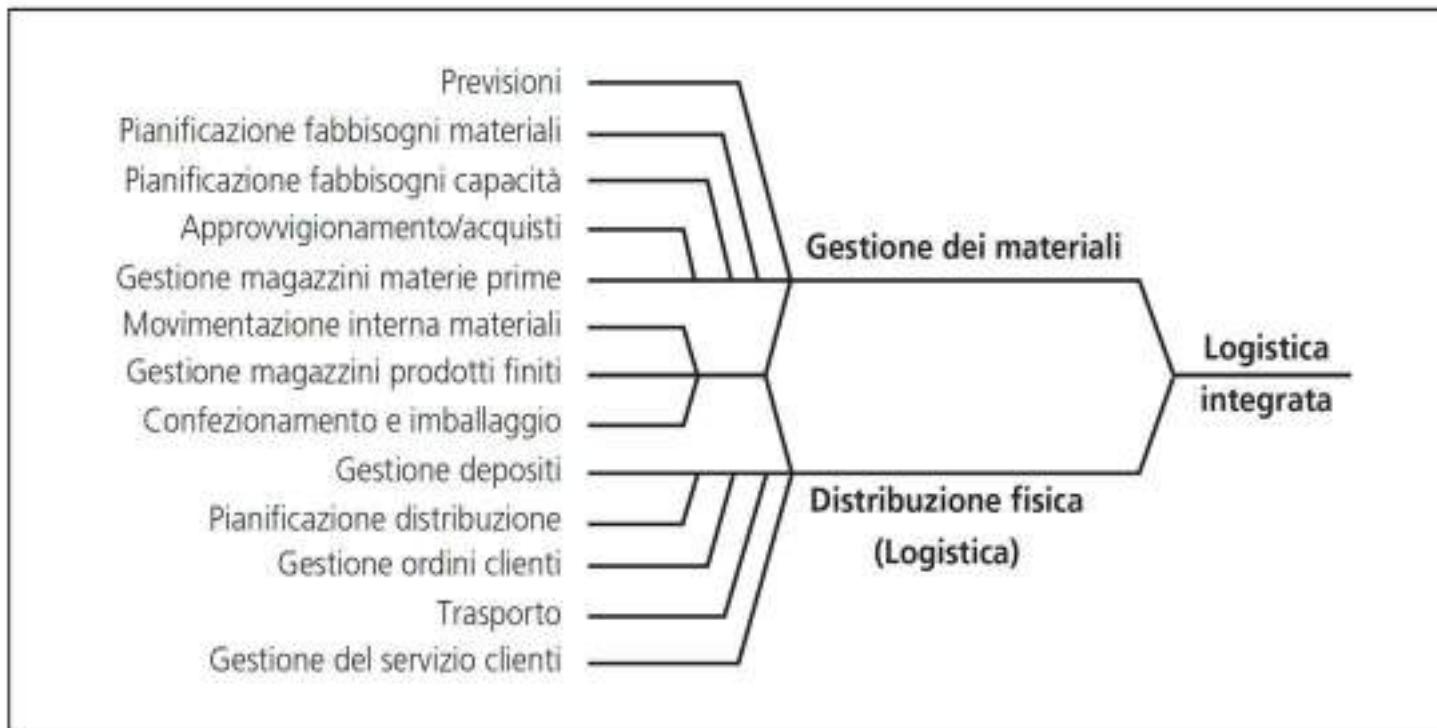
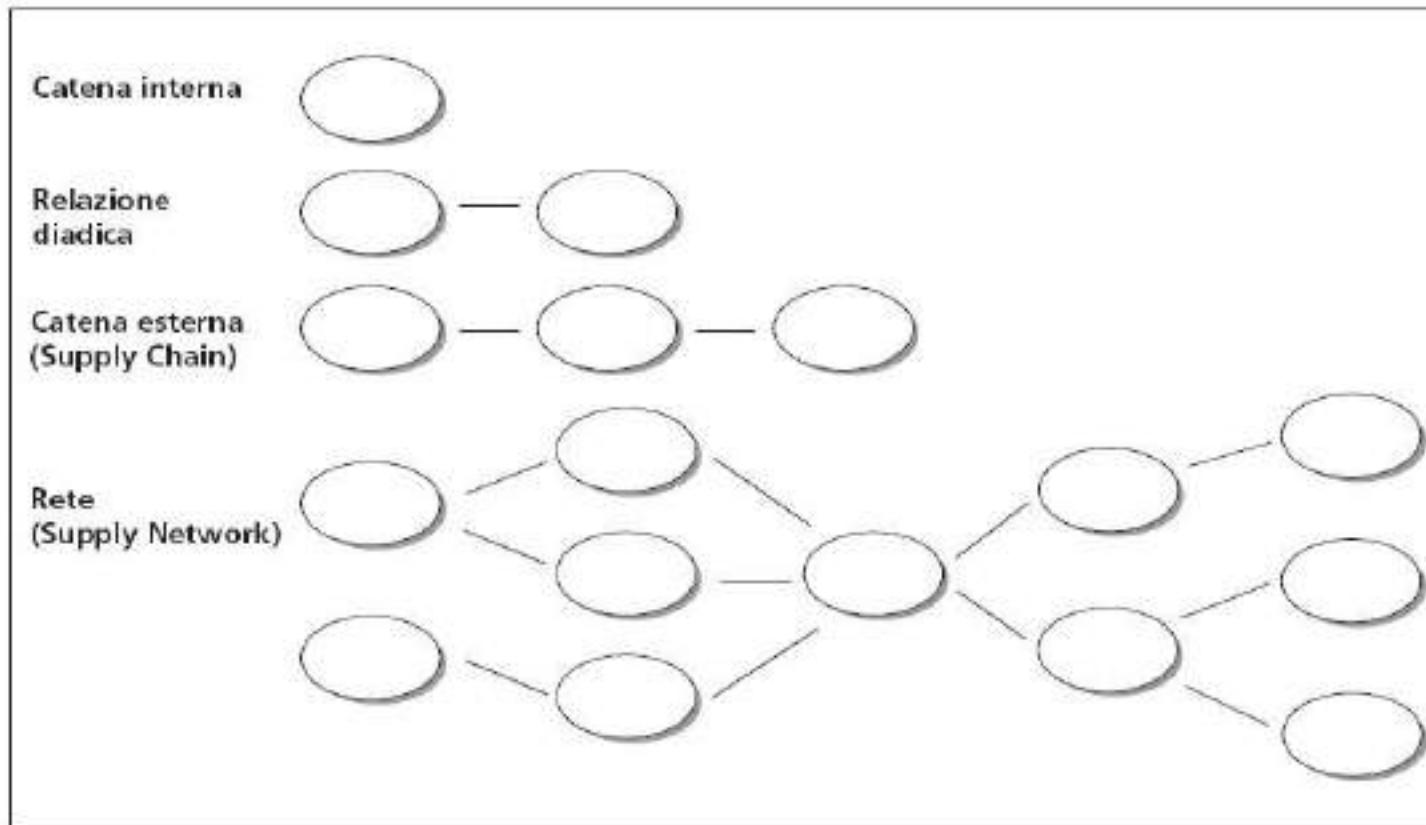


Figura 1.4 Logistica integrata (tratto da Coyle *et al.*, 2000).

Fonte: Romano e Danese (2010)

SVILUPPO DI UNA SUPPLY CHAIN INTEGRATA

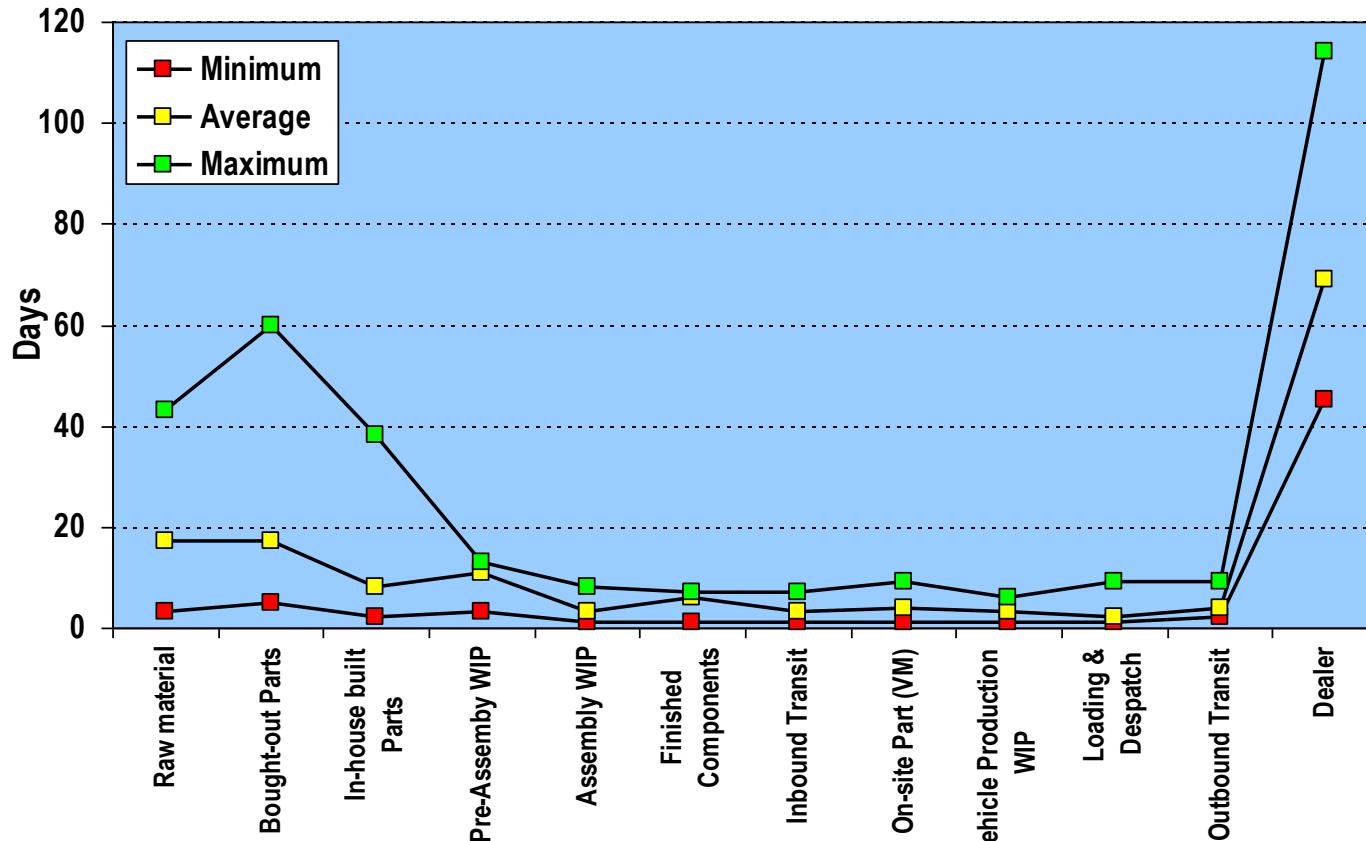


Fonte: Romano e Danese (2010)

ALCUNE CONSIDERAZIONI

- Tutte le imprese fanno parte di reti di fornitura
- Le reti di fornitura sono complesse
 - Numerosi soggetti autonomi o semi-autonomi
 - Singole fasi dei processi svolte da imprese diverse
 - Aziende disomogenee per settore, nazionalità, cultura
- La gestione del solo perimetro aziendale non è in grado di assicurare il vantaggio competitivo

ANCHE I SISTEMI LEAN NON SONO IMMUNI DALL'OTTIMIZZAZIONE LOCALE



Source: Holweg (2002): Inventory Profile in the Automotive Supply Chain, UK 1999

CITANDO UN MANAGER...

- Facciamo macchine elettriche per uso civile, industriale e marino – motori asincroni e alternatori – fino a 5 MW di potenza
- La vera sfida per la nostra supply chain è sincronizzare i flussi a monte e a valle della nostra azienda
- Sul piano locale applichiamo il JIT, il lean manufacturing, ecc. e mettiamo ben in tiro i processi
- **Poi andiamo ad acquistare in Cina e tutto il sistema va in crisi...**

I PROBLEMI PER LA PMI DELL'ESEMPIO

- Supply network globale, tempi lunghi → molte attività “al buio”
- Frequenti modifiche dei piani di acquisto, produzione, spedizione
 - Il cliente all’ultimo momento modifica gli ordini rispetto alle previsioni
 - Pianificazione complessa, difficile stimare a priori quantità/tempi per i prodotti nuovi
 - Difficoltà di allineamento con gli altri membri del supply network (“tra ordine e consegna c’è il buio”)

BIBLIOGRAFIA E RIFERIMENTI

- Romano, P. e Danese, P., *Supply Chain Management*, McGraw-Hill, 2023 (3ed)
- Chopra, S. e Meindl, P., *Supply Chain Management: Strategy, Planning and Operation*, Prentice Hall, 2019 (7ed)
- Simchi-Levi, D., Kaminsky, P. e Simchi-Levi, E., *Designing and Managing the Supply Chain: Concepts, Strategies, and Case Studies*, Irwin McGraw-Hill, 2007 (3ed)
- Romano, P., *Gestione dei materiali nelle operations*, CEDAM, 2009
- Slack, N., Brandon-Jones, A. e Johnston R., *Operations Management*, Pearson, 2016 (8ed)

Industry 5.0



EMBA Trento

Prof. Francesco Pilati

francesco.pilati@unitn.it

Leader del gruppo di ricerca in Impianti industriali, sistemi produttivi e logistica

Responsabile del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale dell'Università di Trento

Professore del Dipartimento di Ingegneria Industriale UNITN



Rivoluzioni industriali

Cambiamenti radicali dei processi di produzione



Produttività notevolmente più elevata



Rivoluzioni del settore industriale

PRIMA RIVOLUZIONE

- Dalla fine del XVIII alla metà del XIX secolo.
- L'energia del vapore e le macchine utensili come innovazioni tecnologiche chiave.
- Pochi prodotti complessi e costosi personalizzati in base alle esigenze dell'utente → produzione artigianale



SECONDA RIVOLUZIONE

- Dalla fine del XIX alla metà del XX secolo.
- Introduzione dell'elettricità nei processi produttivi.
- Grande volume di prodotti identici a basso costo unitario → produzione di massa
- Linea di assemblaggio introdotta per la prima volta nella storia.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Rivoluzioni industriali

TERZA RIVOLUZIONE

- Dalla fine del XX all'inizio del XXI secolo.
- Elettronica, tecnologia dell'informazione (IT) e automazione.
- **Personalizzazione di massa**: grande varietà di prodotti a costi competitivi e in grandi quantità.



QUARTA RIVOLUZIONE



- **Uso pervasivo e diffuso di sensori** e attuatori che comunicano tramite Internet.
- **Connessione in tempo reale** tra macchine, utensili, lavoratori, clienti, prodotti → Internet Of Things.
- L'enorme quantità di **Big Data** generati rappresenta la **materia prima del XXI secolo**.
- Partecipazione del cliente alla fase di progettazione del prodotto → **produzione personalizzata**.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Industria 5.0

L'Industria 5.0 è stata ufficialmente definita nel 2021 dalla Commissione Europea come il nuovo paradigma per l'industria nell'UE, basato su 3 pilastri:

1. **Sostenibilità** → ridurre l'inquinamento dei processi produttivi e aumentarne la circolarità
2. **Resilienza** → “maggiore robustezza nella produzione industriale, capace di affrontare le interruzioni e garantire il supporto alle infrastrutture critiche nei momenti di crisi”
3. **Centralità dell'essere umano** → ripensare il ruolo dell'operatore umano all'interno della fabbrica, potenziandolo con nuove tecnologie digitali, con un focus prioritario sul benessere piuttosto che sull'efficienza



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

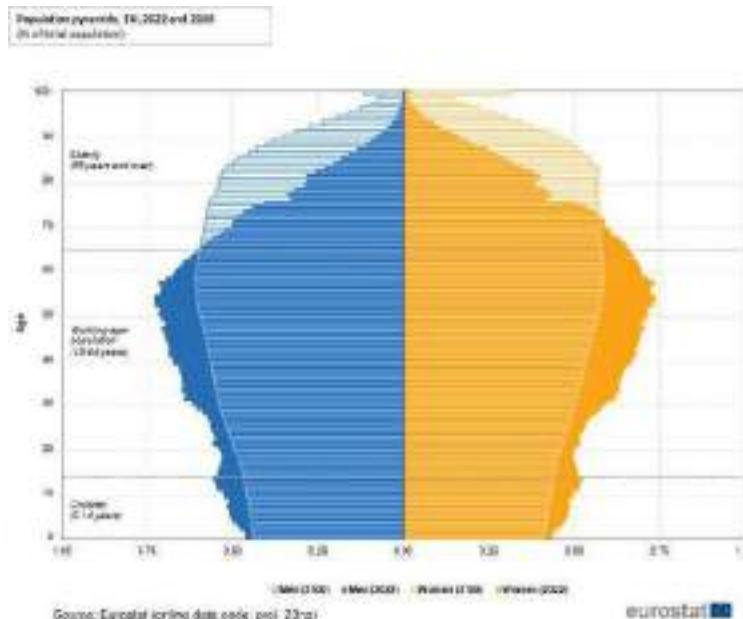
Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Mega-trends

L'Europa e l'Italia stanno iniziando ad affrontare **tendenze** preoccupanti che influenzano **negativamente la forza lavoro** in diversi settori industriali:

- Diminuzione del numero di persone in età lavorativa
- Aumento dell'età media e degli anni lavorati della popolazione attiva
- Maggiore prevalenza di malattie croniche, in particolare disturbi muscoloscheletrici



In Italia, il confronto tra lo scenario attuale del 2025 e quello previsto per il 2050 un **quadro preoccupante** si prospetta:

	2025	2050
■ Popolazione in età lavorativa:	36 Mil	31 Mil
■ Età media popolazione lavorativa:	42 y	51 y
■ Rapporto lavoratori/pensionati:	3-2	1-1

Inoltre, le malattie professionali hanno raggiunto valori allarmanti:
75.000 nuovi casi nel 2023, +20% rispetto al 2022

Benessere del lavoratore

Una possibilità per contrastare uno **scenario così drammatico** e, allo stesso tempo, ripensare il **ruolo dell'operatore** umano nell'industria è considerare **nuove metriche** per valutare e progettare le sue attività.

L'affaticamento fisico è sperimentato da ogni essere vivente che svolge operazioni manuali, e la sua gestione è molto rilevante per migliorare il **benessere della persona**.



La **fatica fisica** è una metrica che è strettamente correlata con il benessere sperimentato dai lavoratori durante le proprie mansioni.

L'affaticamento è l'utilizzo della propria capacità muscolare sotto sforzo durante l'esecuzione di attività manuali:

- *Fatica nulla* è correlata ad una capacità muscolare massima.
- *Fatica massima* è correlata ad una ridotta capacità muscolare

Lo sforzo muscolare dipende da fattori ergonomici e caratteristiche dell'attività da svolgere.

Prof. Francesco Pilati



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Fatica fisica e risultanti

La letteratura concorda sul fatto che **alti livelli di affaticamento** portano a:

- **Minore motivazione** del lavoratore e maggiore turnover



- **Maggiore durata delle attività e riduzione del tasso di produzione**



- **Minore qualità** delle attività eseguite e tasso di errore più elevato



- **Maggiore probabilità di infortuni** sul lavoro e rischio più alto di sviluppare malattie professionali

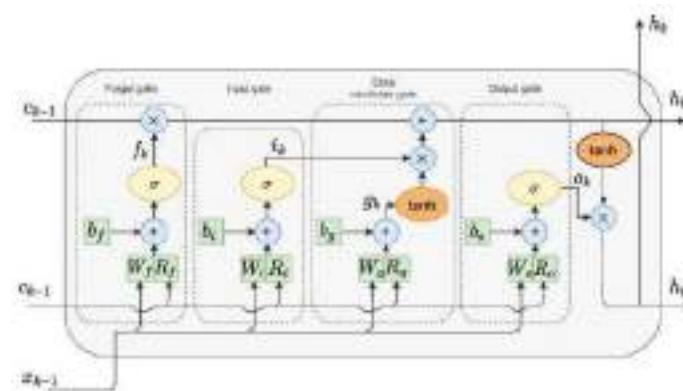


Sfortunatamente, fino ad ora, nei contesti industriali è stato fatto ben poco per **misurare, ridurre e prevedere l'affaticamento**.

Prof. Francesco Pilati

Innovazione e Industria 5.0

Le moderne **tecnologie digitali** potrebbero permettere, se opportunamente impiegate, la **riduzione dell'affaticamento** degli operatori umani in **qualsiasi contesto industriale**, utilizzando **sensori indossabili** avanzati e **algoritmi di apprendimento automatico**.



Soluzioni avanzate di **Internet of Things** composte da molteplici sensori indossabili e **intelligenza artificiale** consentono:

- La misurazione di diversi **parametri fisici e fisiologici** degli operatori
- La valutazione dell'**interazione degli operatori con macchinari, attrezzature e strumenti** utilizzati nei processi industriali
- In modo pienamente **conforme alle normative nazionali ed europee in materia di privacy** e tutela dei diritti dei lavoratori.

Panoramica della metodologia

Valutare l'impatto delle operazioni industriali sul benessere fisico di un operatore durante il normale svolgimento delle attività quotidiane.



Panoramica della metodologia

Valutare l'impatto delle operazioni industriali sul benessere fisico di un operatore durante il normale svolgimento delle attività quotidiane.



1

Raccolta dei dati
durante
l'esecuzione del
processo logistico o
produttivo.



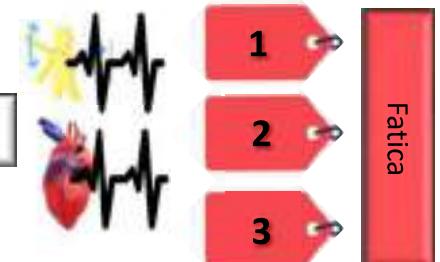
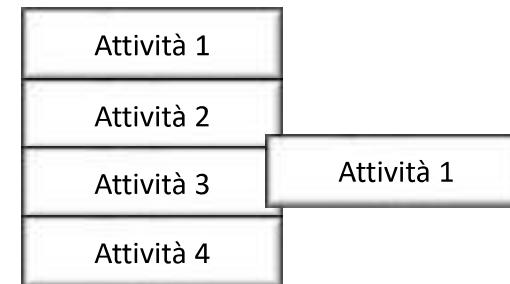
2

Analisi anonima dei
dati raccolti per
identificare in che
modo siano
correlati al
benessere fisico
dell'operatore.



OBIETTIVO

Correlare i segnali acquisiti durante l'esecuzione delle
operazioni manuali con i valori di affaticamento



- Valutazione del **livello di affaticamento** per le attività svolte
- Comprendere i **fattori determinanti** della fatica



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Acquisizione Dati



ACQUISIZIONE DATI & SENSORI INDOSSABILI



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

11

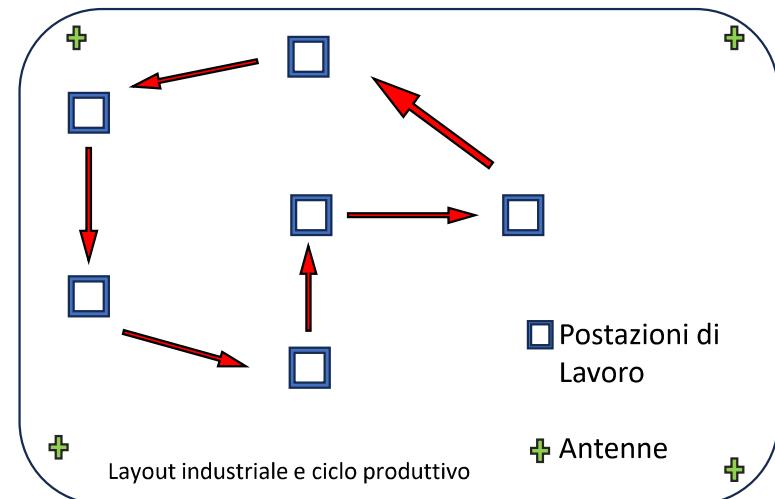
Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo



Sul perimetro del layout industriale sono ancorate al soffitto le antenne che servono per monitorare la posizione in piante (x,y) di qualsiasi entità in movimento che viene "taggata"



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

12

Acquisizione Dati

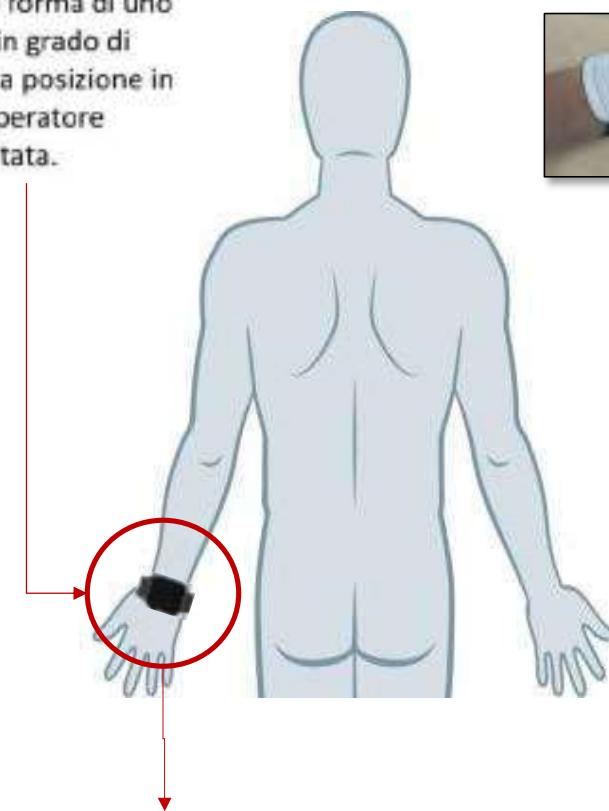
Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Dispositivo di tag delle
dimensioni e forma di uno
smartwatch in grado di
riconoscere la posizione in
pianta dell'operatore
nell'area limitata.



Da indossare sul polso della mano



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

13

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Le antenne sono installate sul soffitto dell'impianto industriale
e sono collegate tramite cavi ad un server, permettendo di
utilizzare il sistema di posizionamento indoor

Sistema di geolocalizzazione online



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

14

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento

Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo



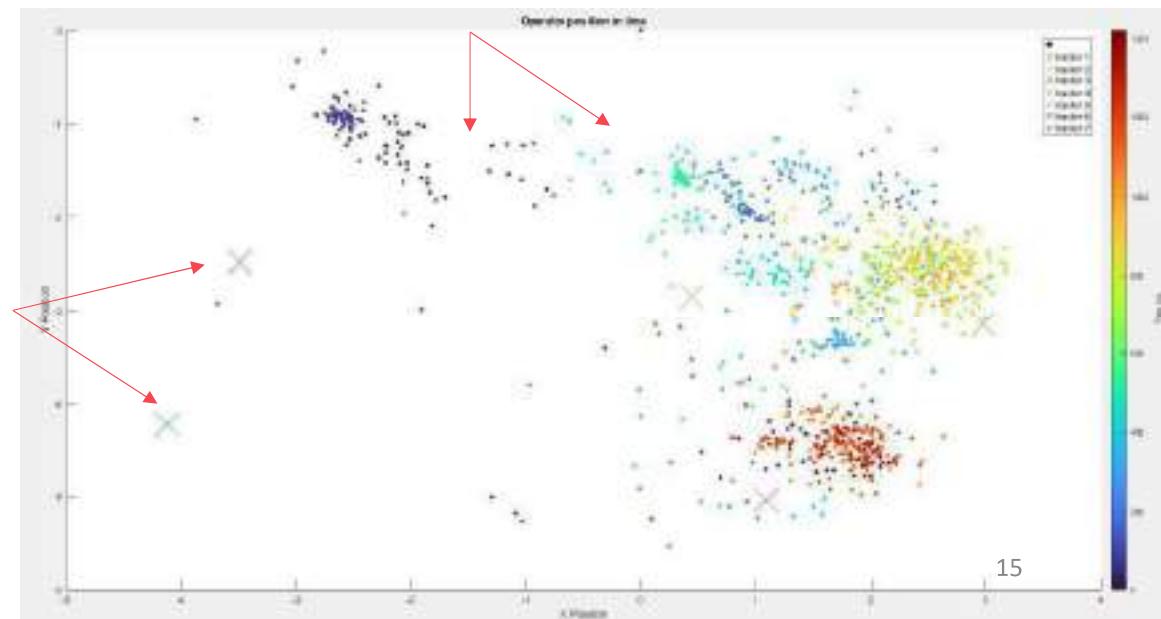
Le X nella figura sono **punti di
interesse** per conoscere la posizione
dell'operatore rispetto ad entità
notevoli del processo (es. macchinari,
stazioni di lavoro, etc.)

*Caratteristiche del sistema di
posizionamento:*

- Ogni antenna e' in grado di coprire un'area di circa 10 mq
- L'accuratezza di posizionamento ottenibile è di circa 0.3 m

1 timestamp	2 X [m]	3 Y [m]
2025-01-01 00:03:23.803	-1.3000	-1.2400
2025-01-01 00:03:25.252	-1.0400	-1.6000
2025-01-01 00:03:27.672	-0.8200	-1.7100
2025-01-01 00:03:28.724	-1.1500	-1.5400
2025-01-01 00:03:29.904	-1.3200	-1.5100
2025-01-01 00:03:30.845	-1.1600	-1.2200
2025-01-01 00:03:32.433	-1.8000	-1.0300
2025-01-01 00:03:34.467	-1.8600	-1.4500

I puntini rappresentano la **traiettoria percorsa** nel tempo dall'operatore



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



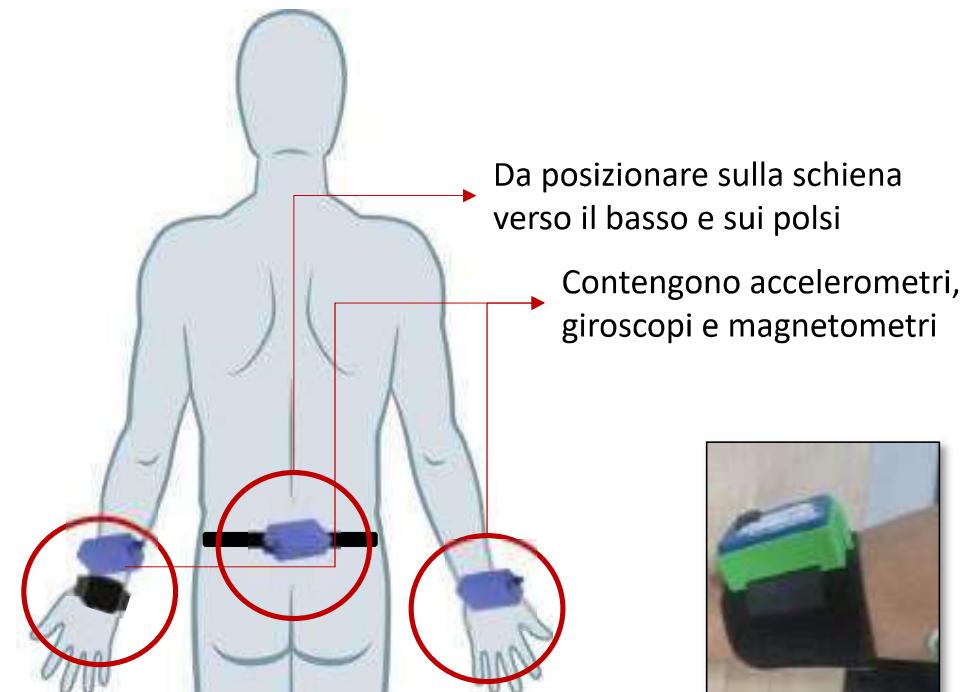
Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Angoli delle braccia e della schiena

Informazioni sulla postura
dell'operatore

Scatoline dalle dimensioni di una piccola saponetta e
di peso ridotto



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

16

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Angoli delle braccia e della schiena

Informazioni sulla postura
dell'operatore

Acquisizione dati online



Il sistema digitale fornito all'operatore consente di correlare i movimenti dell'operatore alle varie fasi del processo industriale o logistico.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

17

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Angoli delle braccia e della schiena

Informazioni sulla postura
dell'operatore

Visualizzazione dei dati acquisiti

1 time	2 roll	3 pitch	4 yaw
2025-01-01 00:01:13.648	0	-0.0022	0
2025-01-01 00:01:13.862	1.6261	0.0382	-0.7834
2025-01-01 00:01:13.892	1.6257	0.0384	-0.7855
2025-01-01 00:01:13.902	1.6275	0.0349	-0.7008
2025-01-01 00:01:13.912	1.6274	0.0352	-0.7990
2025-01-01 00:01:13.922	1.6246	0.0360	-0.7970
2025-01-01 00:01:13.932	1.6247	0.0366	-0.7993
2025-01-01 00:01:13.942	1.6235	0.0377	-0.8020
2025-01-01 00:01:13.952	1.6236	0.0384	-0.8042
2025-01-01 00:01:13.962	1.6233	0.0387	-0.8054
2025-01-01 00:01:13.972	1.6232	0.0393	-0.8072
2025-01-01 00:01:13.982	1.6231	0.0382	-0.8109
2025-01-01 00:01:13.992	1.6229	0.0389	-0.8120
2025-01-01 00:01:14.002	1.6231	0.0365	-0.8175

Ogni riga corrisponde a un momento specifico e a una posizione
specificata assunta dal braccio o dalla schiena dell'operatore.

E' possibile rilevare se l'operatore assume una postura scorretta, per
quanto tempo, con quale intensità e in merito a quale parte del
corpo.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

18

Acquisizione Dati

Parametri di
movimento



Posizionamento nello spazio di
lavoro

Informazioni sull'avanzamento del
processo produttivo

Angoli delle braccia e della schiena

Informazioni sulla postura
dell'operatore

Accelerazioni delle braccia e
schiena

Informazioni sulle velocità e
accelerazioni

Visualizzazione dei dati offline

1 time	2 q1	3 q2	4 q3
2025-01-01 00:01:13.548	0	-0.0011	0
2025-01-01 00:01:13.882	0.6794	-0.2665	-0.2738
2025-01-01 00:01:13.892	0.6798	-0.2671	-0.2746
2025-01-01 00:01:13.902	0.6793	-0.2689	-0.2762
2025-01-01 00:01:13.912	0.6790	-0.2695	-0.2770
2025-01-01 00:01:13.922	0.6737	-0.2702	-0.2789
2025-01-01 00:01:13.932	0.6735	-0.2708	-0.2798
2025-01-01 00:01:13.942	0.6729	-0.2712	-0.2812
2025-01-01 00:01:13.952	0.6727	-0.2717	-0.2821
2025-01-01 00:01:13.962	0.6725	-0.2720	-0.2826
2025-01-01 00:01:13.972	0.6723	-0.2724	-0.2834
2025-01-01 00:01:13.982	0.6716	-0.2749	-0.2842
2025-01-01 00:01:13.992	0.6715	-0.2741	-0.2848
2025-01-01 00:01:14.002	0.6705	-0.2767	-0.2857
2025-01-01 00:01:14.012	0.6703	-0.2768	-0.2861
2025-01-01 00:01:14.022	0.6701	-0.2781	-0.2854
2025-01-01 00:01:14.032	0.6700	-0.2778	-0.2856

E' possibile valutare **velocità e accelerazioni** delle varie parti
del corpo durante l'esecuzione di attività manuali.

Si può individuare la presenza di **task eseguiti con frequenze elevate** e quindi potenzialmente peggiorativi per il benessere
dell'operatore.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

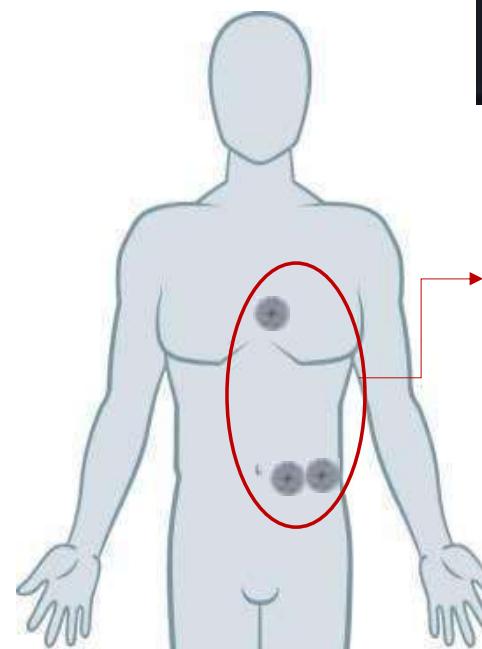
Prof. Francesco Pilati

19

Acquisizione Dati



Acquisizione della **frequenza cardiaca** e del relativo segnale come indicatore di **affaticamento fisico**



Sistema di acquisizione dati



3 patch (delle dimensioni di una moneta) da posizionare vicino alla pancia (2) e sullo sterno (1).



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

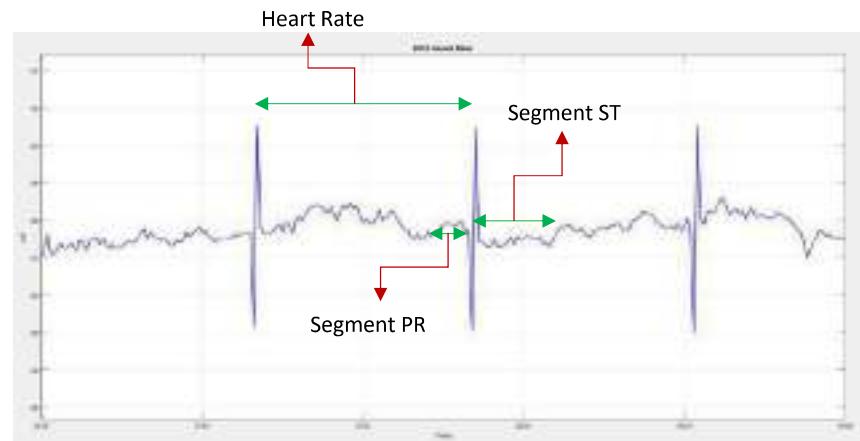
Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Acquisizione Dati



È possibile monitorare la frequenza cardiaca e la sua evoluzione nel tempo, che è correlata all'attività corporea compiuta da un operatore.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

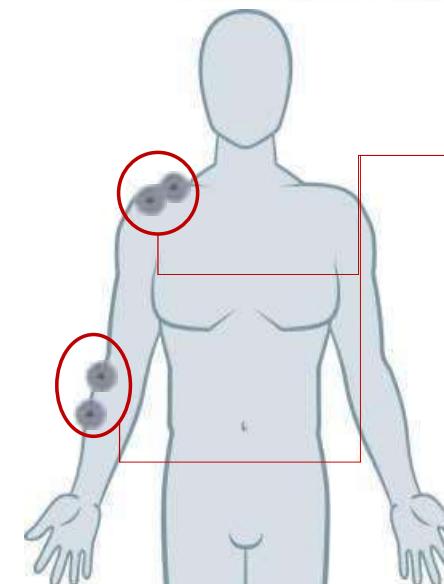
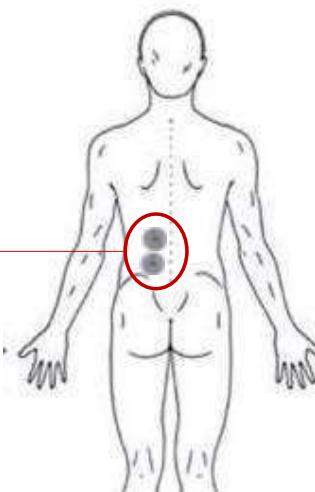
21

Acquisizione Dati



2 patches da posizionare sul muscolo della schiena da monitorare

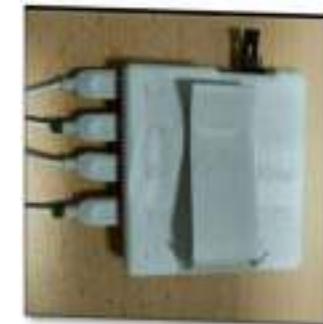
Prof. Francesco Pilati



2 patches da posizionare sul muscolo del braccio e su quello della spalla da monitorare



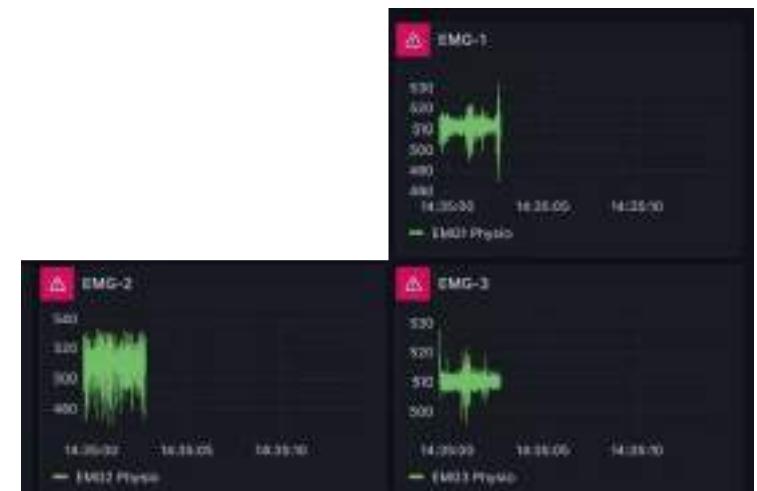
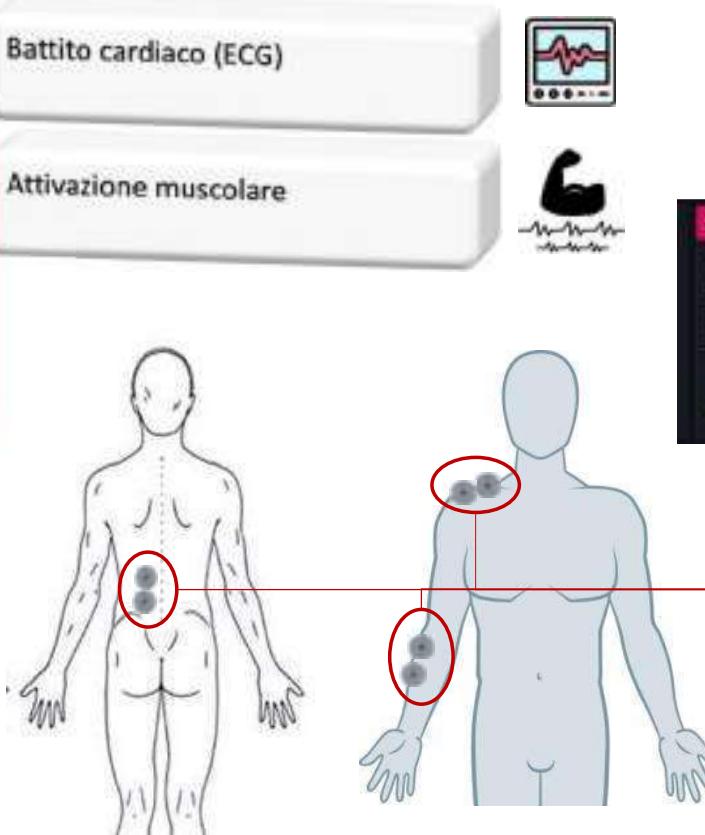
22



Tutte le patch sono collegate tramite cavo a un dispositivo tascabile con batteria da fissare alla cintura.

Acquisizione Dati

Sistema di acquisizione dati



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

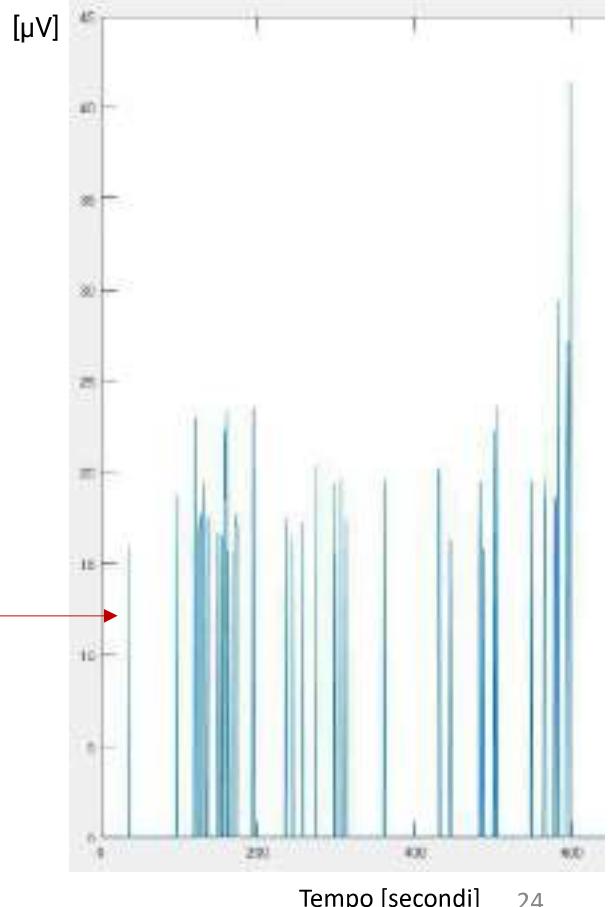
23

Acquisizione Dati



Nella figura è mostrato
quando il muscolo monitorato
si attiva e la misura
dell'intensità dell'attivazione
muscolare.

Aampiezza e intensità dell'attivazione muscolare



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Tempo [secondi] 24

Acquisizione Dati



Guanto RFID
indossabile in grado di leggere tag passivi posizionati opportunamente su prodotti, componenti e strumenti.



Strumento, componente o prodotto utilizzato

Potenza del segnale RFID

Livello di fatica percepita



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

25

Acquisizione Dati

Attività manuali



L'utilizzo degli strumenti da parte degli operatori viene monitorato tramite **tecnologia RFID**. Ogni volta che un operatore interagisce con uno strumento, un segnale viene automaticamente trasmesso ad un **database centralizzato**.

glove_time	glove_tag	glove_rssi
2025-01-01 00:01:07.903	"S45"	-74,5

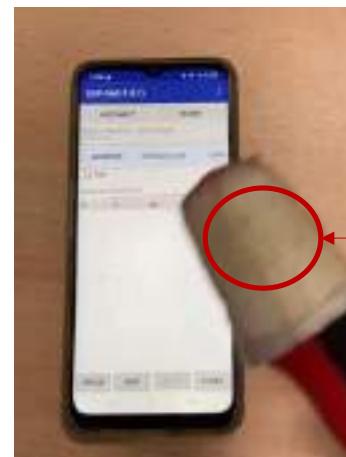
Timestamp

Stringa alfanumerica che identifica univocamente un TAG

Strumento, componente o prodotto utilizzato



Potenza del segnale con il quale è stato letto il TAG.
Più sono vicini con la mano e maggiore sarà la potenza.



TAG passivo da attaccare adesivamente ad ogni entità (es. utensile) di cui si vuole valutare l'utilizzo o l'interazione con l'operatore



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Acquisizione dati

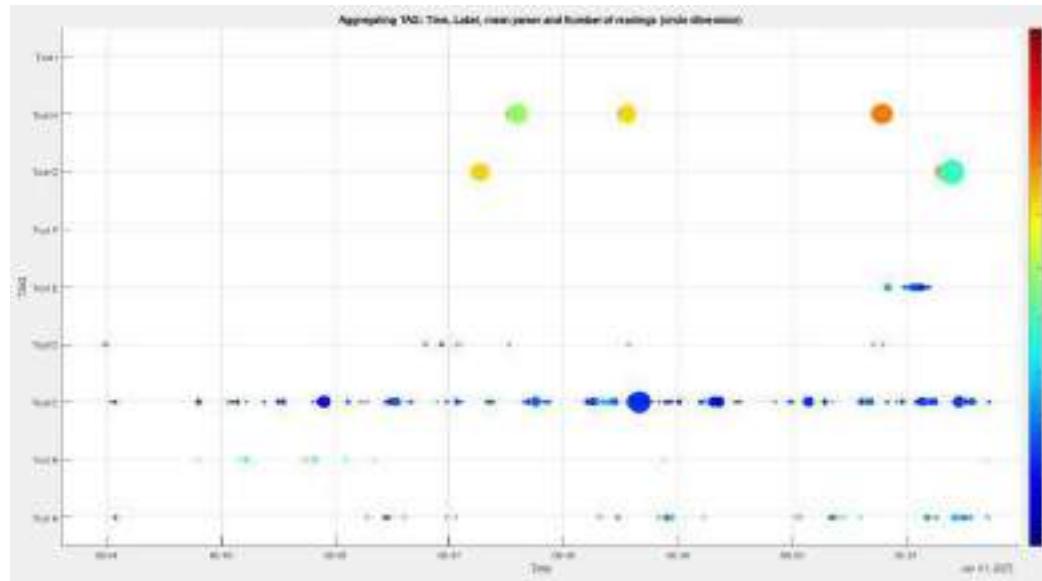
Attività di
assemblaggio



Potenza del segnale RFID

Visualizzazione dei dati raccolti:

Rappresentazione del *segnale RFID* (non continuo nel tempo).
Ogni punto corrisponde a una **serie di letture** dello stesso TAG.
Il colore indica la **potenza del segnale** rilevata.



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Ruolo dell'operatore

Attività di
assemblaggio



Livello di fatica percepita

Ogni posizione di lavoro in cui opera l'operatore è dotata di 5 TAG "speciali", numerati da 1 a 5.

Al **termine di ogni operazione** manuale, *durante il periodo di training* degli algoritmi che compongono questa tecnologia, l'operatore deve passare la mano con il guanto RFID su uno di questi TAG in base al livello di affaticamento percepito dopo l'esecuzione del compito.



Poco
affaticato

Prof. Francesco Pilati

Molto
affaticato

28



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Analisi dei Dati

OBBIETTIVO

Correlare i segnali acquisiti durante l'esecuzione delle operazioni manuali con i valori di affaticamento dichiarati dall'operatore.

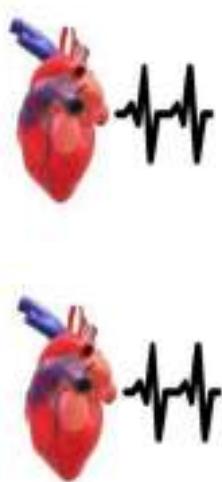
FASE DEL PROCESSO



PARAMETRI DI MOVIMENTO



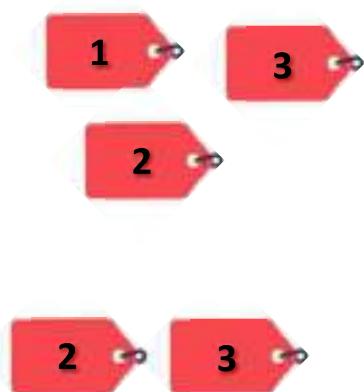
PARAMETRI FISIOLOGICI



STRUMENTI/COMPONENTI



LIVELLI DI FATICA PERCEPITA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

29

Analisi dei Dati

OBBIETTIVO

Correlare i segnali acquisiti durante l'esecuzione delle operazioni manuali con i valori di affaticamento dichiarati dall'operatore.

FASE DEL PROCESSO



PARAMETRI DI MOVIMENTO

- posizione dell'operatore nel layout produttivo
- TAG su strumenti/utensili e nelle cassette di picking

PARAMETRI FISIOLOGICI



STRUMENTI/COMPONENTI



LIVELLI DI AFFATICAMENTO PERCEPITO



Possibilità di **tracciare la fase**
del processo eseguita:
Interazione Uomo-Processo



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

30

Analisi dei Dati

OBBIETTIVO

Correlare i segnali acquisiti durante l'esecuzione delle operazioni manuali con i valori di affaticamento dichiarati dall'operatore.

FASE DEL PROCESSO



PARAMETRI DI MOVIMENTO

PARAMETRI FISIOLOGICI

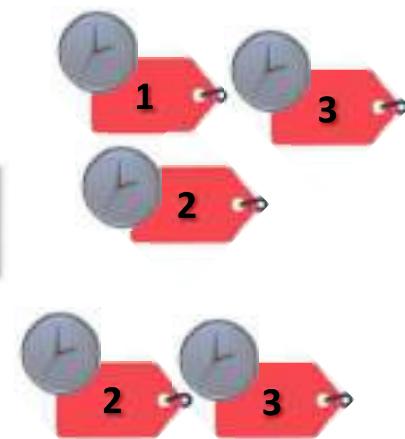
STRUMENTI/COMPONENTI

LIVELLO DI FATICA PERCEPITA

Conoscendo la fase eseguita del processo



Possibile determinare il *livello medio di affaticamento percepito* relativo a ciascuna fase



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

31

Analisi dei Dati

OBBIETTIVO

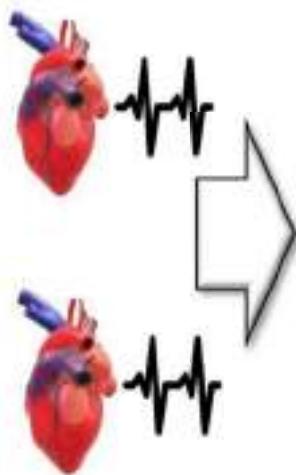
Correlare i segnali acquisiti durante l'esecuzione delle operazioni manuali con i valori di affaticamento dichiarati dall'operatore.



PARAMETRI DI MOVIMENTO



PARAMETRI FISIOLOGICI



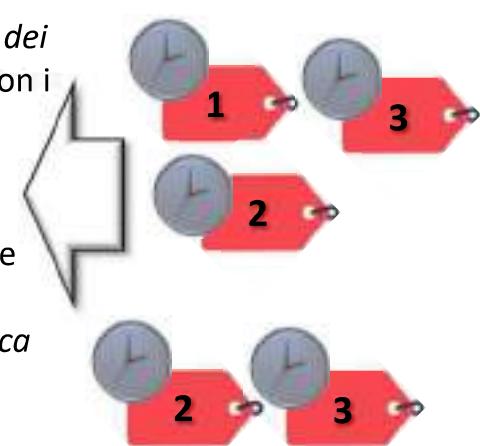
Noto il *livello medio* di affaticamento per ogni fase

↓
Si analizza *l'andamento dei diversi segnali* raccolti con i sensori indossabili

↓
Si individuano le cause principali e i *fattori determinanti della fatica*

↓
I *fattori determinanti variano da fase a fase*

LIVELLO DI FATICA PERCEPITA



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

32

Privacy

Architettura Hardware & Server

- Login al server con credenziali personali & rete Wi-Fi locale
- Dati salvati nel database sul server sono randomizzati automaticamente
- Utilizzo di timestamp relativo e non assoluto per salvataggio dati su server

Pseudonimizzazione

- Operatori che usano la tecnologia cambiano ogni giorno
- Operatori prendono in modo randomico e autonomo i sensori da un contenitore condiviso
- Aggregazione dei dati per analisi a livello di singola fase (NO dettagli a livello di singolo operatore)



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

33

Risultati ottenibili

Analisi della fatica mediante l'uso dell'IA per prevedere tale valore.

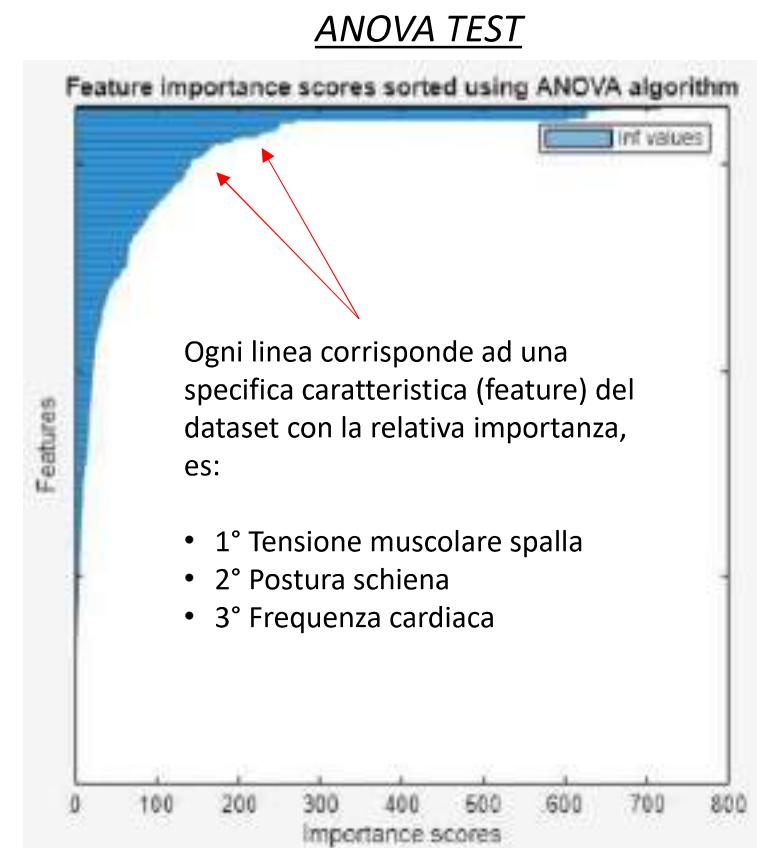


Utilizzando metodi matematici, vengono estratte diverse **caratteristiche chiave** dei segnali acquisiti **da ogni sensore** usato, come la *deviazione standard, la media, etc.*

Il test ANOVA determina quali caratteristiche sono i **contributori più significativi** al modello di previsione che si vuole sviluppare

Allenamento di un algoritmo di IA utilizzando **solo le caratteristiche più importanti** per migliorare i risultati conseguibili, e.g. **accuratezza della previsione**

Testare l'algoritmo di IA per **valutarne le prestazioni di previsione**. Maggiore è l'**accuratezza (%)**, maggiore è la probabilità che la previsione sia corretta



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

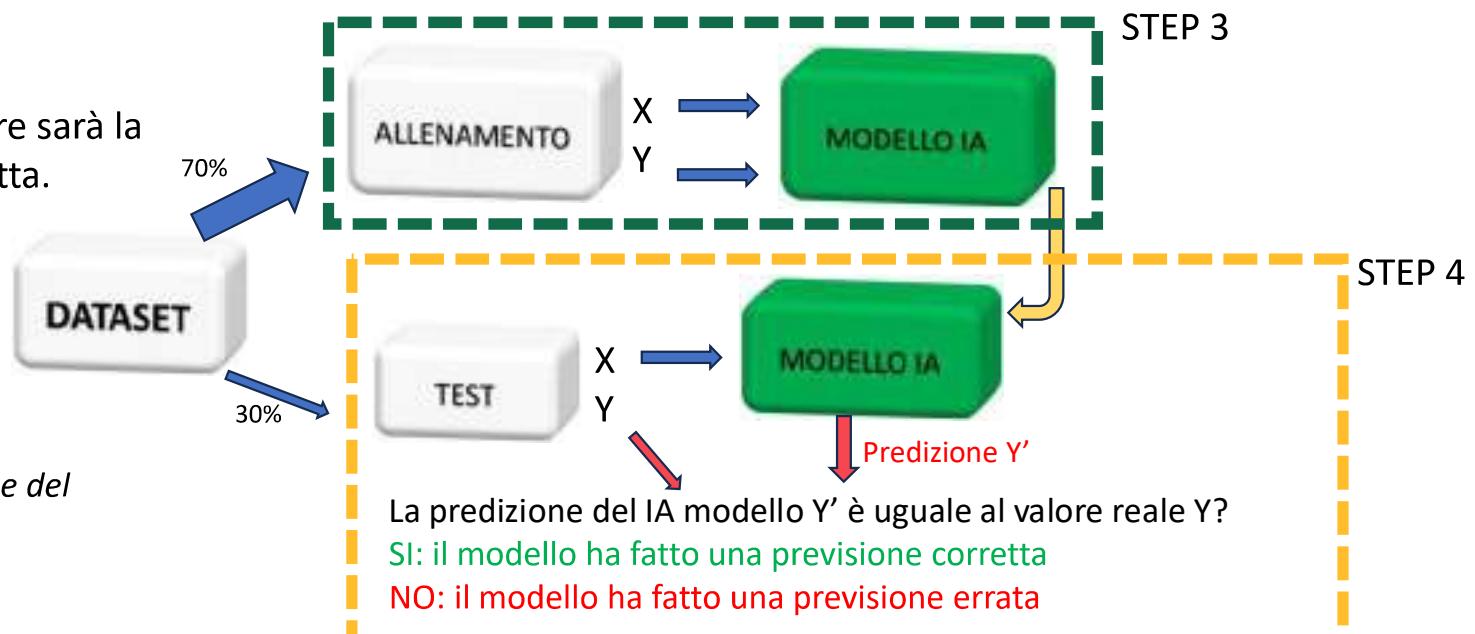
Prof. Francesco Pilati

Risultati ottenibili

Testare l'algoritmo di IA per *valutarne le prestazioni*.



Maggiore è l'**accuratezza (%)**, maggiore sarà la probabilità che la previsione sia corretta.



X: caratteristiche dei segnali fornite come input al modello IA
Y: valore/classe (e.g. livello di fatica fisica) **reale** del dataset
Y': valore/classe (e.g. livello di fatica fisica) **predetto** dal modello IA

Risultati ottenibili

Dataset acquisito dal processo produttivo e classificazione delle attività con il corrispondente livello di fatica



Accuratezza modello IA, es. 92%



*In 92 casi su 100 (es.), il modello IA è in grado di **prevedere correttamente** il livello di fatica che l'operatore sperimenterà nell'esecuzione di quel task*

Miglioramento conseguibile del processo produttivo:

- ridistribuire i compiti più gravosi tra i diversi operatori
- introdurre attrezzature dedicate per task critici
- effettuare micro-pause mirate dopo task più faticosi
- ...



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI TRENTO

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Prof. Francesco Pilati

Matrice di confusione:

predizioni corrette

VS

predizioni errate

True Class	1	2	3	4	5
1	1720	270	41	19	
2	187	3613	100	8	
3	43	157	796	23	
4	7	32	61	499	
5	1	4	1		
	1	2	3	4	5
	Predicted Class				

Accuratezza del modello IA, es. 92%

Grazie per l'attenzione



Prof. Francesco Pilati

francesco.pilati@unitn.it

Leader del gruppo di ricerca in Impianti industriali, sistemi produttivi e logistica

Responsabile del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale dell'Università di Trento

Professore del Dipartimento di Ingegneria Industriale UNITN



A photograph showing a group of people in a classroom or lecture hall. A man in the foreground, wearing glasses and a blue shirt, is looking towards the right. Behind him, several other people are visible, some with glasses, looking in the same direction. The background is slightly blurred, suggesting a presentation or lecture is taking place.

Executive MBA

Project Management

Loris Gaio
Sabato 14 giugno 2025

Realizzare un *Project Charter*

L'esercizio in classe: realizzare un *Project Charter*

“Il *project charter* è [il processo di sviluppo di] un documento che formalmente autorizza un progetto o una fase e documenta i requisiti iniziali che soddisfano le esigenze e le aspettative degli stakeholder.

Stabilisce una partnership tra l'organizzazione esecutrice e il cliente. Il *project charter* approvato formalmente avvia il progetto.”

PMI (2013) Body of Knowledge

Contenuto

Una possibile checklist

DOCUMENTO DI SINTESI DEL PROGETTO

- ✓ Obiettivi, limiti, vincoli
- ✓ Indicatori di performance (KPI)
- ✓ Stakeholder rilevanti
- ✓ WBS
 - risultati attesi (deliverable)
 - principali attività (work package)
- ✓ Budget di massima
- ✓ Calendario (schedule)



Benefici attesi del *project charter*

- Realizzato durante o alla fine dell'ideazione o pianificazione
- Accettazione formale (impegno sulle risorse)
- Comunicazione (partner, investitori, utenti, ...)
- Gestione degli stakeholder
- Ruoli e responsabilità organizzative
- Limitazioni delle attività (evitare estensioni successive)
- Identificazione dei processi/aree gestionali più importanti

Progetti

il nocciolo della questione

(HBS, 2004)

“... a project, namely, a set of activities that (1) aims to produce a unique deliverable (for example, a new commercial airframe) and (2) is time-bound within clear beginning and ending points”

(PMI, 2013, p.3)

“A project is a temporary endeavor undertaken to create a unique product, service, or result. The temporary nature of projects indicates that a project has a definite beginning and end. The end is reached when the project’s objectives have been achieved or when the project is terminated because its objectives will not or cannot be met, or when the need for the project no longer exists.”

Che cosa è progetto?

Caratteristiche principali

Uno sforzo complesso, non routinario, *una tantum*, limitato da tempo, budget, risorse e specifiche di prestazione, progettato per soddisfare le esigenze di parti interessate



Ha una serie di obiettivi stabiliti

Ha una durata definita con un inizio e una fine

Spesso richiede la partecipazione di tutta l'organizzazione

Implica il fare qualcosa che non è mai stato fatto prima

Ha requisiti specifici di tempo, costo e performance

È fortemente orientato verso gli stakeholder

ORGANIZZAZIONE, MANAGEMENT, RISULTATI

Caratteristiche generali dei progetti

- [1] Comportano il superamento dei confini funzionali/culturali/organizzativi
- [2] Prospettive: pianificazione e controllo, direzione, motivazione, direzione
- [3] Soddisfazione degli SH; vincoli e obiettivi tecnici,/economici e temporali
- [4] Terminati al completamento degli obiettivi di performance

Differenze Confronto con i processi

PRODOTTI/PROCESSI RIPETITIVI

- Più obiettivi tra loro coerenti
- Sempre in corso
- Risorse relativamente omogenee
- Stabili, per integrare sforzi e attività
- Certezza su prestazioni, costi, tempi
- Almeno parte dell'organizzazione è di linea
- Importanza della prassi consolidata
- Rafforzano lo *status quo*

PROGETTI

- Un insieme di obiettivi da definire (conflitti)
- Una sola volta - durata limitata
- Eterogenei nelle risorse e nelle competenze
- Necessità di soluzioni per integrare le attività
- Incertezza su prestazioni, costi, tempi
- Scarsa organizzazione di linea
- Violano le pratiche consolidate
- Sfidano lo *status quo*

Confronti

Lavoro routinario e progetti

Attività ripetitive o di routine

- Prendere appunti in classe
- Inserire quotidianamente gli incassi delle vendite nel registro corrispettivi
- Rispondere a una richiesta di fornitura
- Esercitarsi con le scale al pianoforte
- Assemblare un iPod Apple in uno stabilimento di produzione
- Attaccare le etichette su un prodotto

Progetti

- Scrivere una tesina
- Introdurre una soluzione di contabilità analitica o industriale
- Progettare un sistema di supply chain
- Scrivere un nuovo pezzo per pianoforte
- Progettare un iPod di 2x4 pollici, collegabile con PC, con capacità di 10.000 canzoni
- Progettare etichette antitaccheggio

Dove stanno i progetti

Attività sviluppate attraverso una logica di progetto

Beni e servizi unici, caratterizzati da un elevato grado di differenziazione delle caratteristiche o delle competenze richieste

Settori tipici: grandi edifici e costruzioni, impiantistica; software; servizi personalizzati; consulenza

Alcune fasi del ciclo di vita di prodotti o aziende

Fasi iniziali del ciclo di vita di un'azienda/prodotto, che comportano trasformazioni significative del business

Fasi o attività: progettazione e sviluppo di nuovi beni e servizi

Ma... Ma... Ma... Ma... Ma...

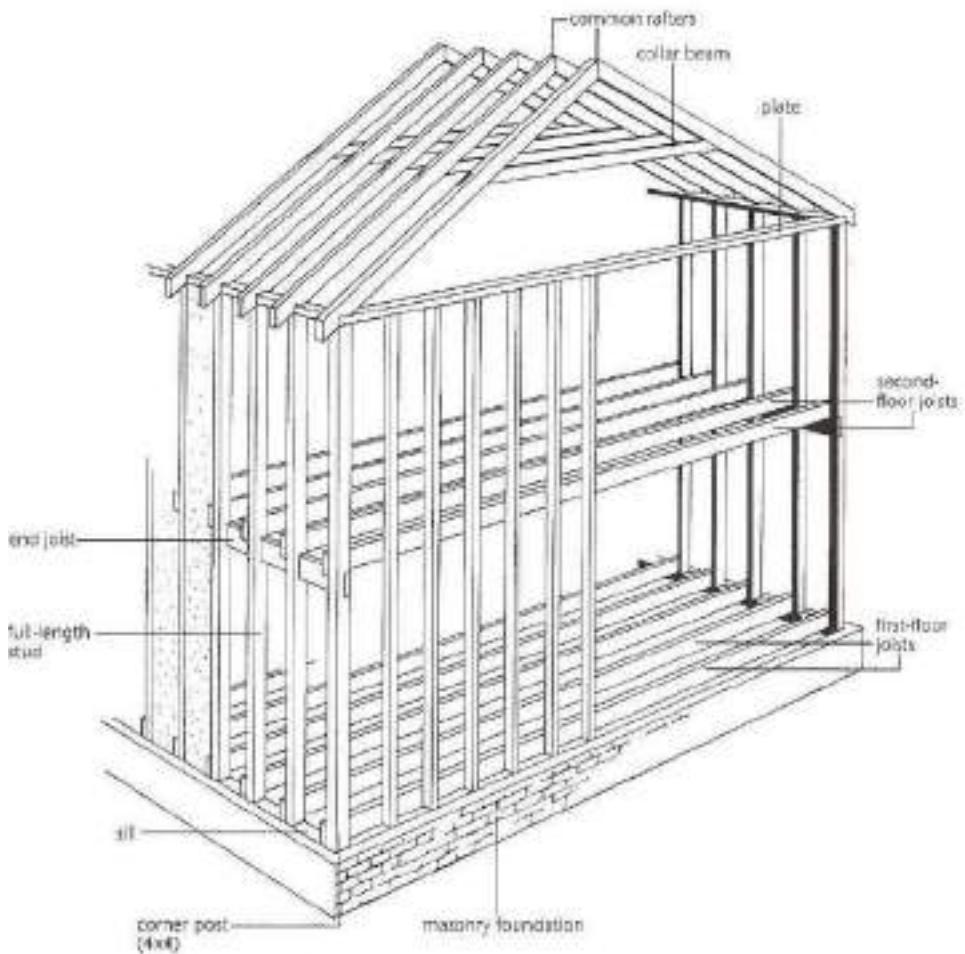
QUESTO È UN PROGETTO?

Questo è il progetto di una casa *balloon-frame*, una soluzione altamente standardizzata e modulare finalizzata alla realizzazione di edifici residenziali in tempi molto rapidi e con costi molto bassi.

Questo design ha un potenziale molto basso di soddisfare bisogni e aspettative, soprattutto se paragonato ad altre soluzioni con maggiore varietà e potenziale di differenziazione.

È più simile a un processo ripetitivo di produzione di massa che a un progetto.

Anatomy of a Balloon Frame



classi
di
grandezza

Classificazione dei progetti

	Budget (\$ Milioni)	Ore/uomo (migliaia)
	Piccolo (1 - 10)	24 - 240
	Medio (11 - 75)	240 - 1.200
	Grande (80 - 200)	1.200 – 3.000
	Super (250 - 600)	3.000 – 6.000
	Mega (1.000 – 3.000)	10.000 – 24.000

RICORDARE I CRITERI FONDAMENTALI: OBIETTIVI UNICI E DEFINITI NEL TEMPO

(Grandi) Progetti

Apple's new iPhone (15,16,17, ...)

The Line - NEOM (Arabia Saudita)

Dubai Palm island

Brenner Basis Tunnel

UK Biobank: IA per prevenzione/diagnosi precoce

Los Angeles Olympics 2028

"The Volume" by Lucasfilm (The Mandalorian)

...

RIFLETTERE SU UN INSIEME UNICO
DI OBIETTIVI



Project Management

PMI COS'È IL PROJECT MANAGEMENT

DEFINIZIONE DEL PMI

Project management is “the application of knowledge, skills, tools, and techniques to project activities to meet project requirements.”

(PMI, V Edition, 2013, p. 8)



Project Management vs/ Process Management



“Ultimately, the parallels between process and project management give way to a fundamental difference: **process management seeks to eliminate variability** whereas **project management must accept variability because each project is unique**”

Elton, J. & Roe, J. (1998) “Bringing Discipline to Project Management”,
Harvard Business Review, March-April, pp. 153-159

Alcuni esempi di scarsa maturità

- ✓ Il 65% dei progetti di sviluppo hardware e/o software fallisce (studio condotto da Peat Marwick su oltre 300 grandi aziende)
- ✓ Solo il 2,5% delle aziende globali ha successo nei progetti; oltre il 50% dei progetti aziendali globali fallisce (Price Water House Survey, 2004)
- ✓ Il 42% dei progetti di ricostruzione dell'IRAQ è terminato a causa di cattiva gestione (The Special Inspector General for Iraq Reconstruction)

Chaos Report (1994-2015)

	1994	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
completati	16%	26%	28%	29%	27%	31%	28%	29%
modificati	53%	54%	50%	49%	56%	50%	55%	52%
falliti	16%	20%	22%	22%	17%	19%	17%	19%

FALLIMENTI

Scarsa performance: alta percentuale di progetti annullati, con budget o piani rivisti; solo un terzo dei progetti realizzati secondo le previsioni di tempo e di budget.

Motivi: “requisiti” incompleti (qualità), mancanza di coinvolgimento del cliente, aspettative irrealistiche, pianificazione insufficiente, risorse inadeguate, scarso supporto manageriale, . . .

SUCCESSO

Cosa aiuta il successo nel PM

CONDIZIONI DI PROGETTO

- ✓ Supporto apicale
- ✓ Coinvolgimento dei “clienti”
- ✓ Manager di progetto esperti
- ✓ Obiettivi chiari
- ✓ Ambito di attività ridotto al minimo
- ✓ Infrastruttura informativa e di comunicazione (non necessariamente digitale)

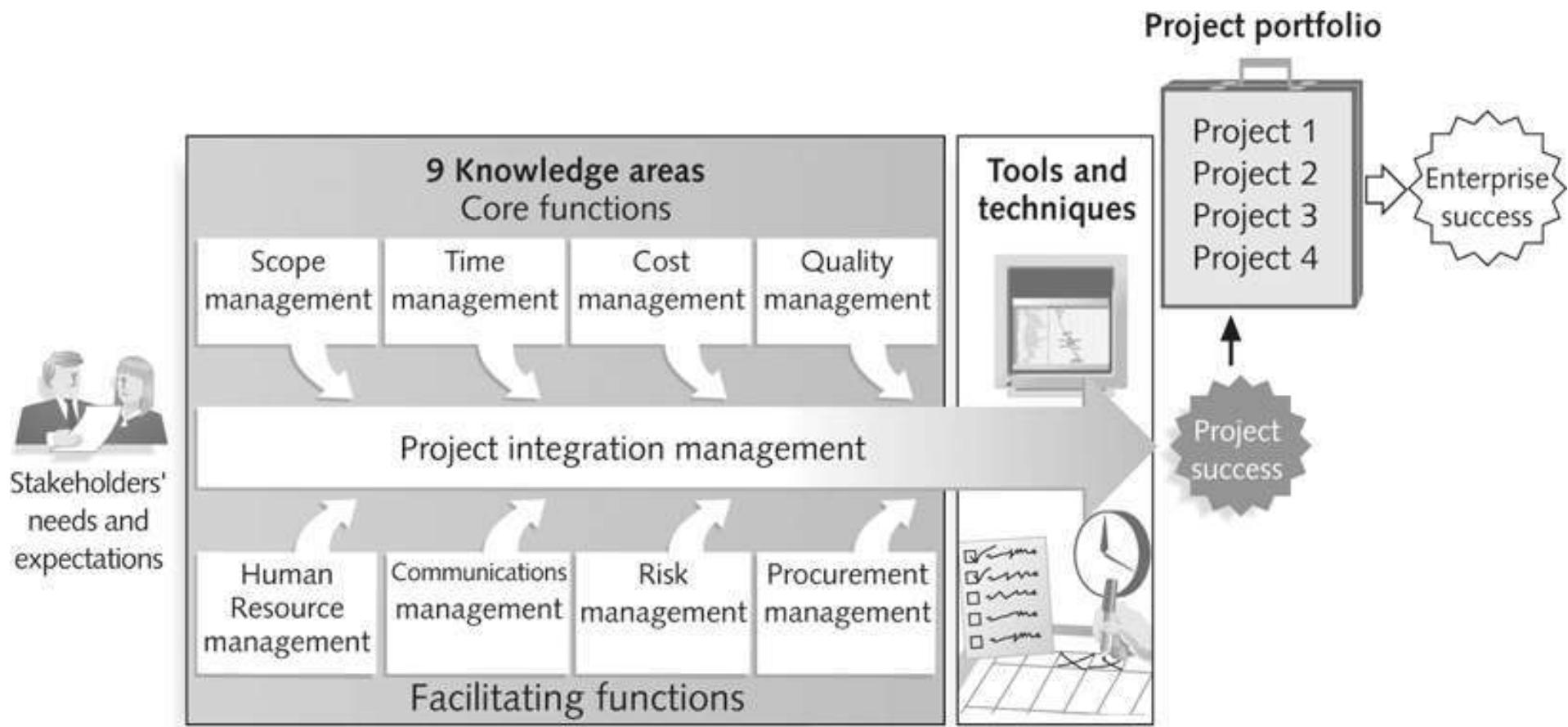
CONDIZIONI D'IMPRESA

- ✓ Metodologia formale minima
- ✓ Stime affidabili
- ✓ Legacy e buone pratiche
- ✓ Altri criteri: controllo frequente, pianificazione adeguata, personale competente e la coinvolgimento (ownership)

METODOLOGIE INTEGRATE E FORMALI

- Project Management Institute (PMI, 2008): **metodologia di processo strutturata su dieci aree**
- International Project Management Association (IPMA, 2015): **focalizzata su skill e competenze richieste dal PM;**
- PRINCE2 (OGC, 2009): **sviluppata in UK e focalizzata su progetti di information technology**
- Association of Project Management (APM, 2000): **metodologia generalista sviluppata in UK e strutturata su sette aree**
- Harvard Business School (HBS, 2004): **approccio di processo sviluppato ad Harvard, articolato in due fasi: planning e monitoring**

Project Management Framework (PMI)



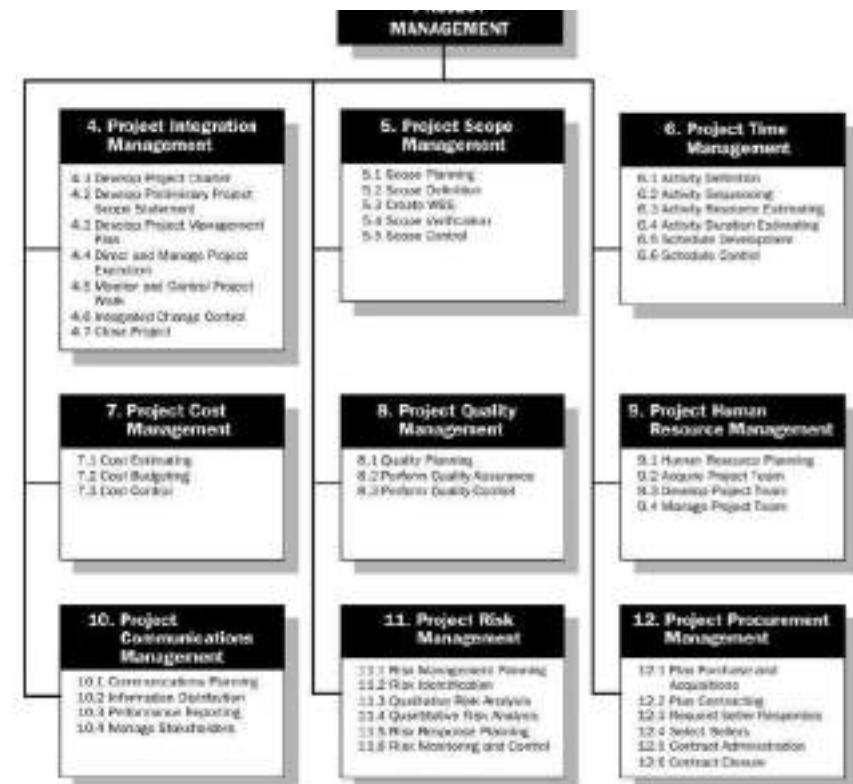
Aree di Project Management

QUATTRO CORE, QUATTRO FACILITANTI, UNA INTEGRAZIONE

Obiettivo principale: trasformare esigenze e aspettative in risultati

Quattro funzioni core: Scope, Tempo, Costo, Qualità

Quattro funzioni facilitanti: Risorse umane, Rischio, Comunicazione, Approvvigionamento



Attività di un project manager

PLANNING

Identificare un obiettivo preciso

Definire goal e KPI

Identificare i punti di controllo, i costi, le attività e le relazioni

Programmare il calendario

MANAGING

Persone: come individui e team

Impegnare risorse

Comunicare e informare

Costruire accordi

Valutare rischio e creatività

Randolph, W. A. & B. Z. Posner (1988) "What Every Manager Needs To Know About Project Management," *Sloan Management Review*, 29, 65-73.

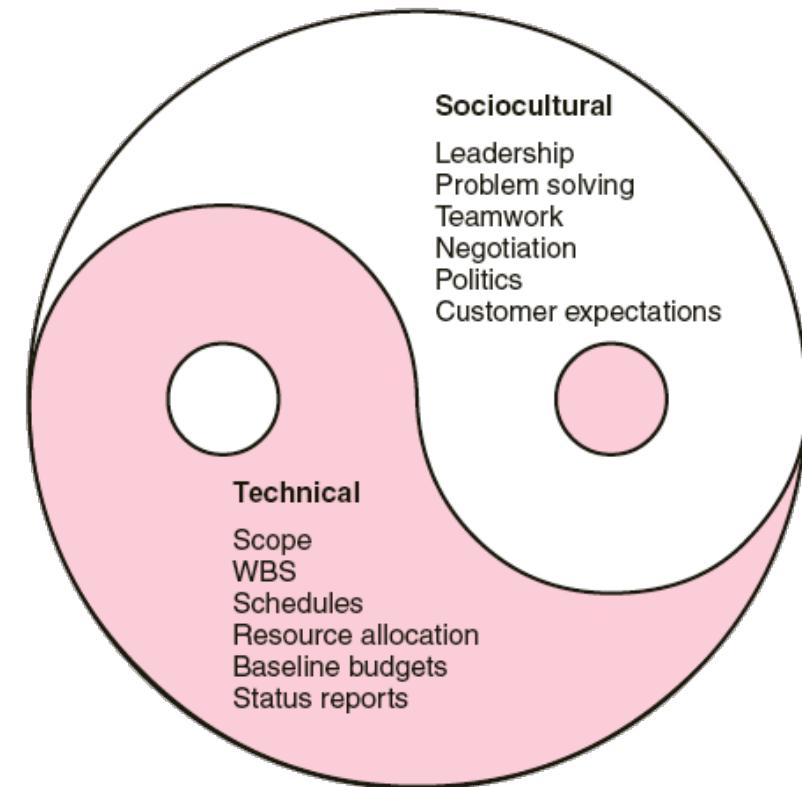
THE PROJECT MANAGEMENT PROCESS

Dimensione tecnica e socioculturale

DUE MONDI NON SEPARABILI

Conoscenza tecnica e di dominio

Skills e competenze soft



Cicli di vita

Project Life Cycle

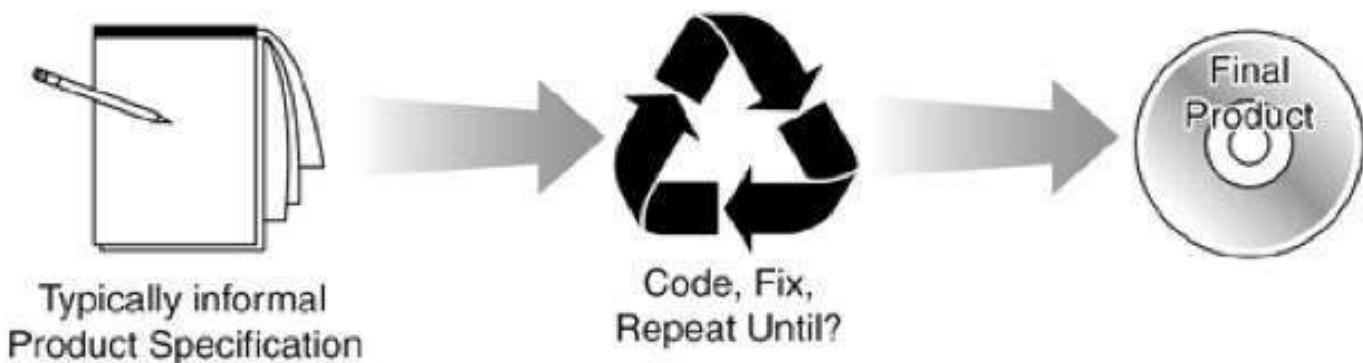
“the only thing that uniquely distinguishes projects from non-projects”

"La sequenza delle fasi attraverso le quali il progetto si evolve. È assolutamente fondamentale per la gestione dei progetti... influisce in modo significativo sulla struttura del progetto. Il ciclo di vita di base segue una sequenza generica comune: Opportunità, Progettazione e sviluppo, Produzione, Consegna e Valutazione post-progetto. La formulazione esatta varia a seconda dei settori e delle organizzazioni. Tra una fase e l'altra dovrebbero esserci dei punti di valutazione e di approvazione".

(tradotto da: Patel and Morris, 1999)

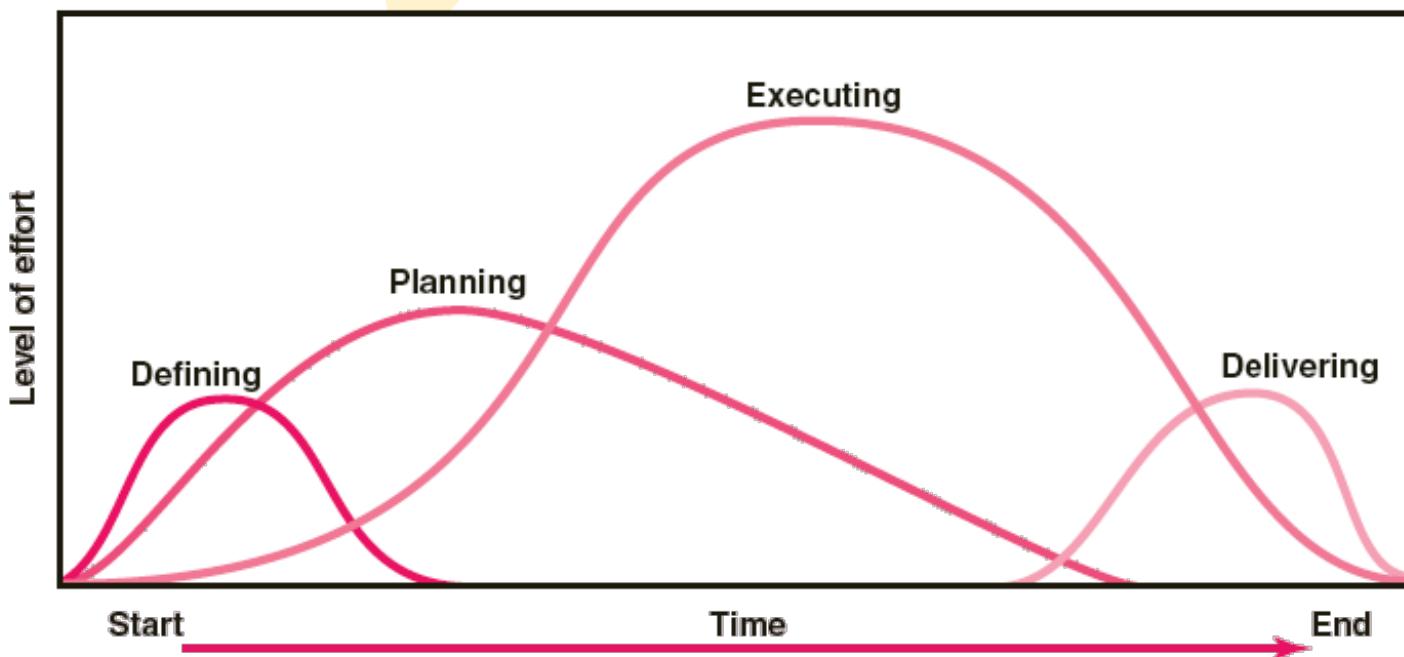
Ciclo non formalizzato

- No design
- No planning
- Scarso controllo
- Semplice
- Rischioso
- Costoso



life cycle

Project life cycle



Defining

1. Goals
2. Specifications
3. Tasks
4. Responsibilities

Planning

1. Schedules
2. Budgets
3. Resources
4. Risks
5. Staffing

Executing

1. Status reports
2. Changes
3. Quality
4. Forecasts

Delivering

1. Train customer
2. Transfer documents
3. Release resources
4. Release staff
5. Lessons learned

CONFRONTO CON I LUCIDI PRECEDENTI: LA DEFINIZIONE VARIA TRA DOMINI E SETTORI

Fasi del Project Management

Ideazione

- Statement iniziale
- Obiettivi
- Alternative

Pianificazione

- Piano organizzativo e delle risorse
- Budget di progetto
- Scheduling

Realizzazione e controllo

- Report e stato di avanzamento
- Azioni correttive
- Metriche: tempo, costi, qualità

Chiusura

- Finalizzazione e documentazione
- Post mortem e legacy



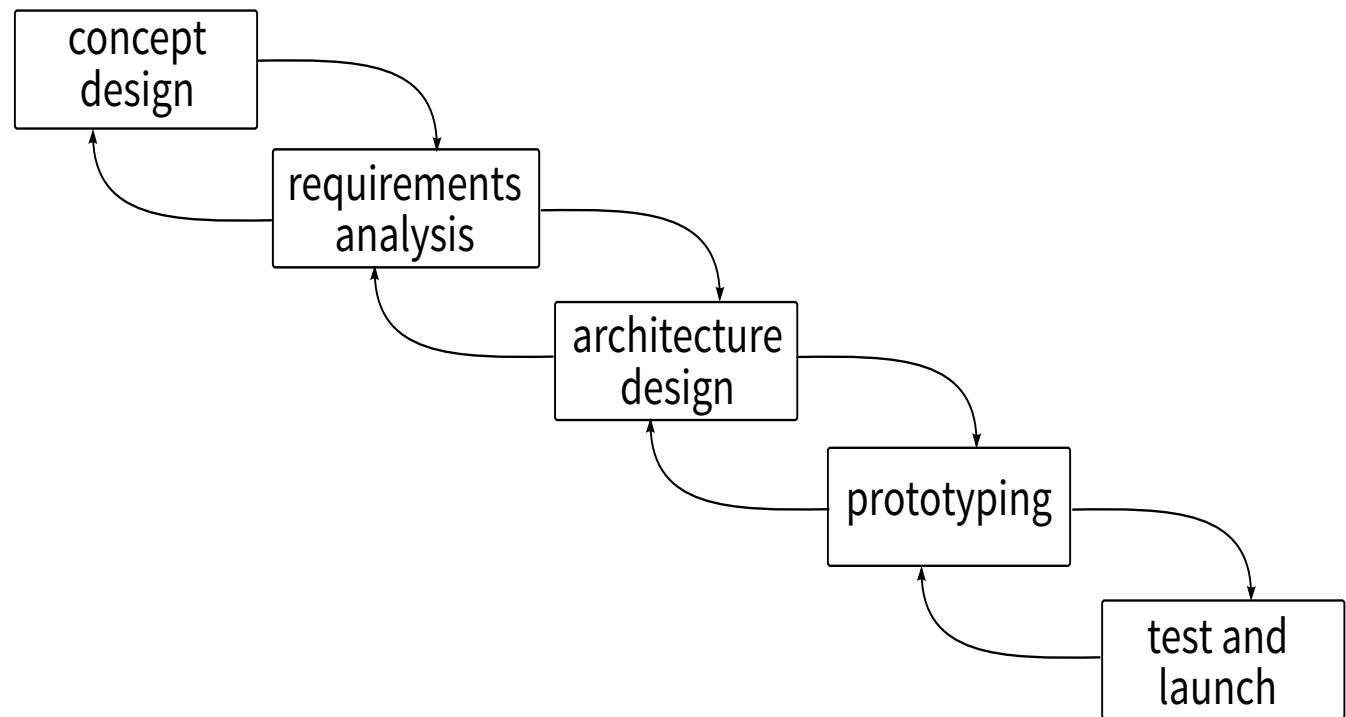
È un processo lineare

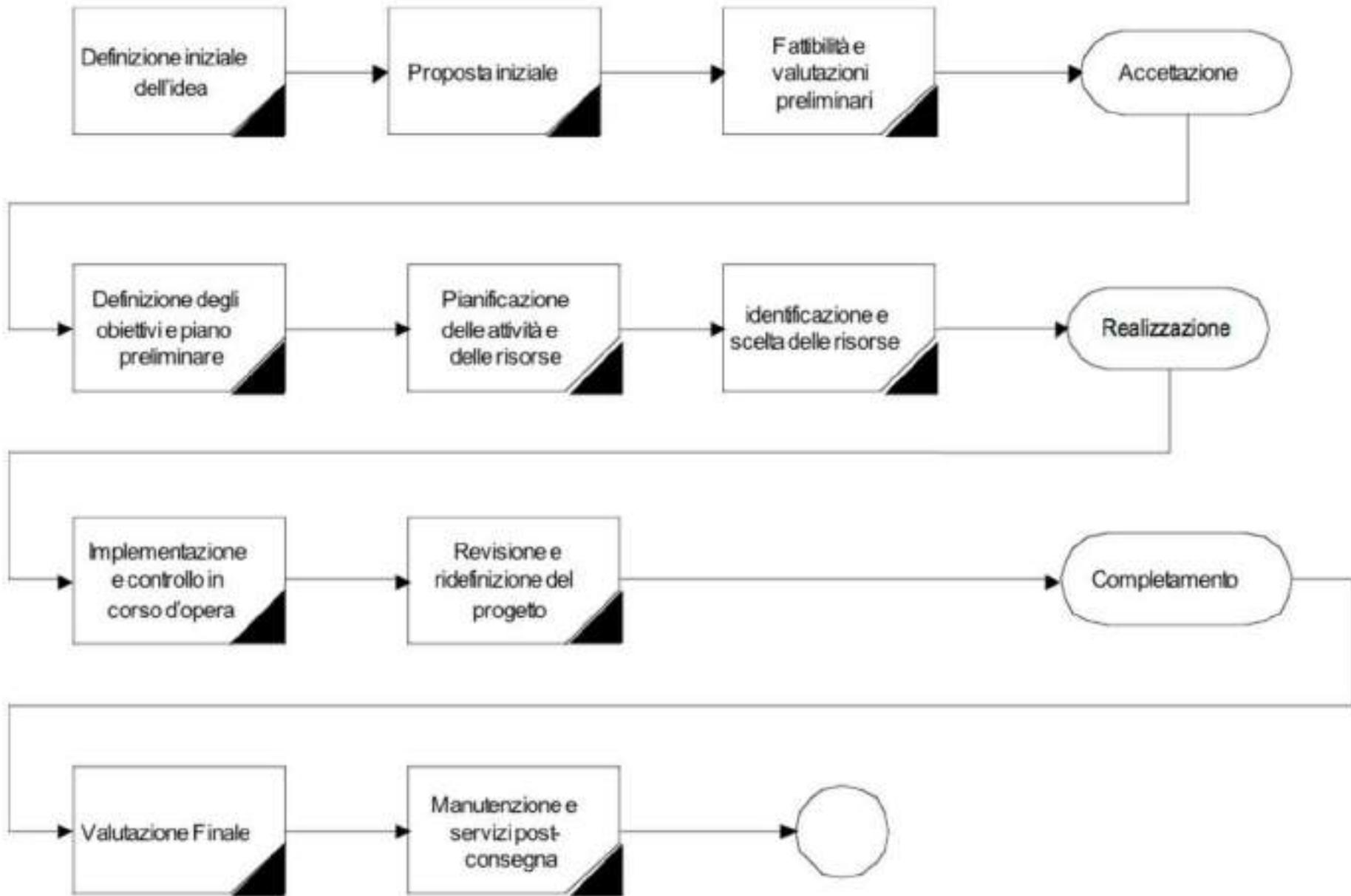
Come abbiamo visto, le fasi del ciclo di vita di un progetto sono ordinate linearmente e procedono nel tempo secondo un determinato ordine sequenziale.

Questo schema identifica un noto paradigma nella gestione dei progetti chiamato

modello predittivo

ESEMPIO: FASI NELLO SVILUPPO DI UN NUOVO PRODOTTO





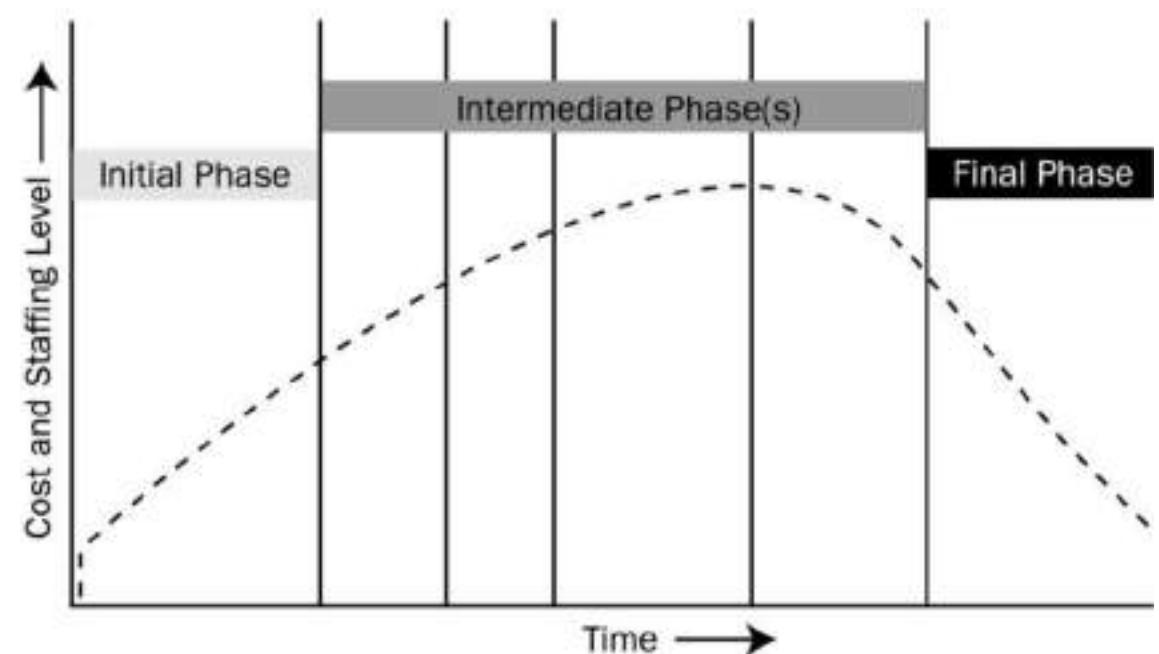
evoluzione Costo, sforzo, intensità di lavoro

SFORZI E RISORSE SONO CARATTERIZZATI DA UNA DINAMICA LENTO-RAPIDO-LENTO

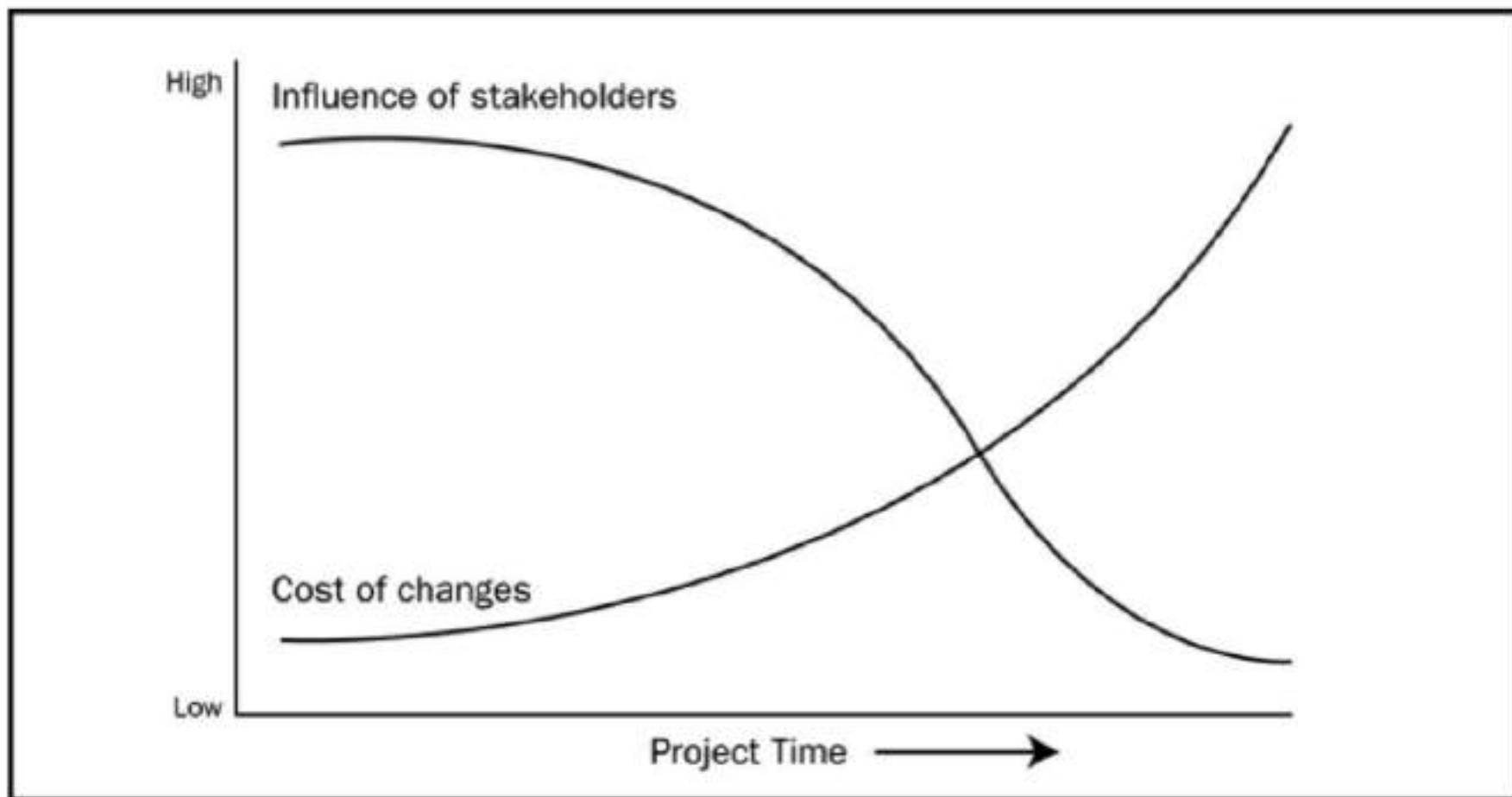
Inizialmente, le risorse destinate a un progetto tendono a crescere lentamente, fino a quando si assumono decisioni preparatorie e progettuali dominanti

Nella fase di pianificazione, l'allocazione delle risorse aumenta molto rapidamente, e il tasso massimo viene raggiunto durante l'esecuzione del progetto

Nella fase finale, i costi e le risorse rallentano costantemente fino alla conclusione del progetto



Variazione, incertezza, irreversibilità



iterativo

Ha anche aspetti iterativi

Molte attività del ciclo di vita del progetto non sono intrinsecamente lineari, ma piuttosto caratterizzate da

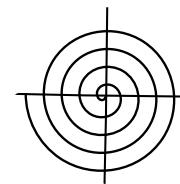
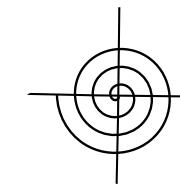
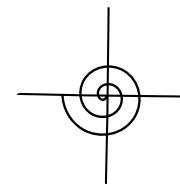
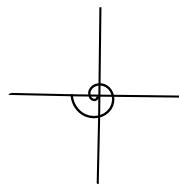
evoluzione progressiva

quindi, le pratiche manageriali devono dare conto di

cicli e dinamiche iterative

ESEMPIO: FASI DELLO SVILUPPO DI UN NUOVO PRODOTTO

engineering stage		production stage	
inception	elaboration	construction	transition



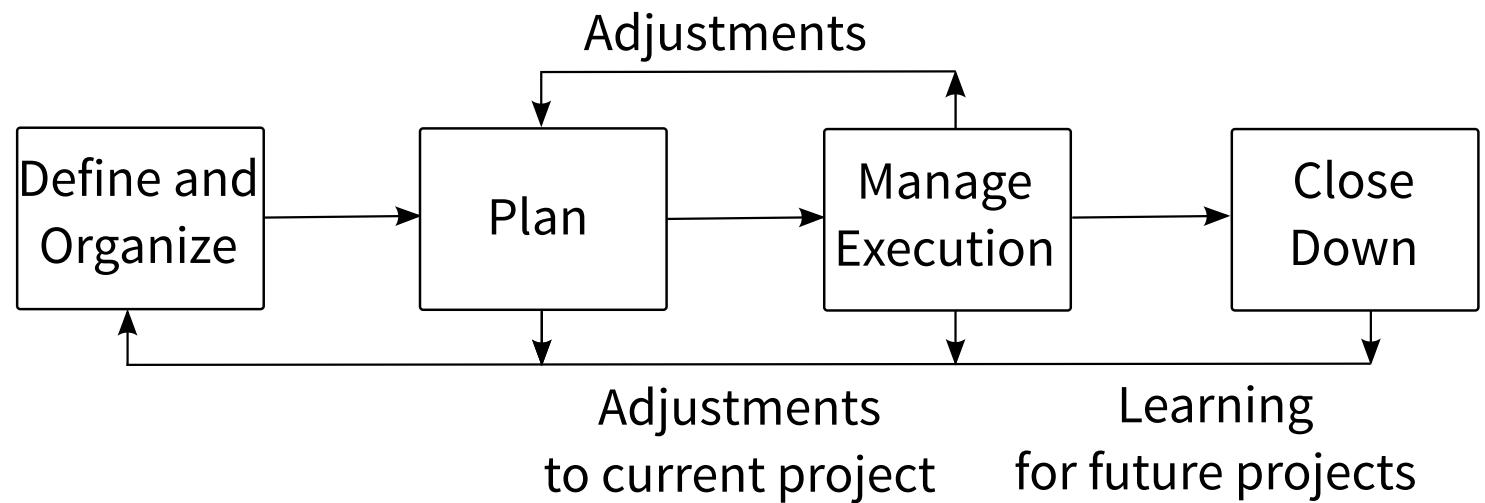
idea	architecture	prototype	product
------	--------------	-----------	---------

Un approccio misto: il modello HBS

Ha due vantaggi principali

1. Tiene conto delle iterazioni e degli aggiustamenti che normalmente si verificano nelle fasi di pianificazione e di esecuzione
2. Alla fine di ogni fase, i punti di controllo (*gate*) verificano i risultati parziali e permettono al progetto di passare alla fase successiva (*modello stage/gate*)

CICLO DI VITA LINEARE CON ITERAZIONI LOCALI



HBS, ed. (2004): *Managing Projects Large and Small*,
Harvard Business School Pub

Obiettivi del Progetto

DARE SIGNIFICATO AL PROGETTO

Definire gli obiettivi di progetto

DOMANDE POSITIVE E NEGATIVE

Prima di iniziare il progetto, è utile definire chiaramente gli obiettivi del progetto.

Cosa deve fare il progetto?

Cosa non deve fare il progetto?



PM, obiettivi, stakeholder

Project Management "...is the application of knowledge, skills, tools and techniques to project activities in order to meet or exceed stakeholders needs and expectations from a project"

PMI

PMI Body of Knowledge, (PMBOK Guide), 2013, p.6

Definisce un equilibrio tra scadenze, costi e caratteristiche qualitative di un progetto

Strettamente legato alle varie esigenze e aspettative degli stakeholder del progetto

goal Struttura di obiettivi

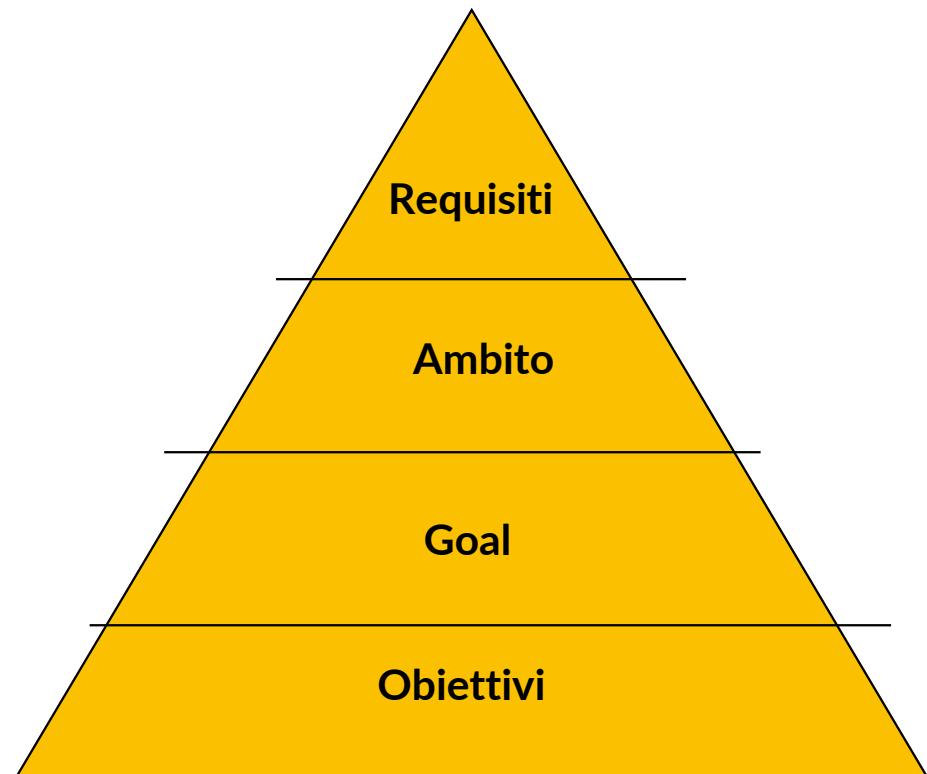
A HIERARCHY OF MOTIVATIONS

Requisiti: definiscono le caratteristiche dettagliate dei risultati attesi

Ambito: definisce i confini del progetto e determina i deliverable del Progetto

Goal: definiscono misure di performance del progetto

Obiettivi del progetto: legano il progetto agli obiettivi dell'organizzazione



DARE SIGNIFICATO AL PROGETTO

Goal

DEVONO ESSERE MISURABILI

- ✓ Finalità o scopi finali del progetto, cioè misure oggettive che determinano il successo del progetto
- ✓ Spesso determinati dallo sponsor del progetto o dal team
- ✓ Non superare e non fissare troppi obiettivi



CRITERI GENERALI PER IDENTIFICARE I GOAL

Renderli SMART

Specifici: chiari e concisi

Misurabili: metriche semplice per capire se l'obiettivo è stato raggiunto. Magari una data, un numero o una formula (ma mantenetela semplice!)

Accettati: i goal devono essere sufficientemente specifici che il team è consapevole di poterli raggiungere

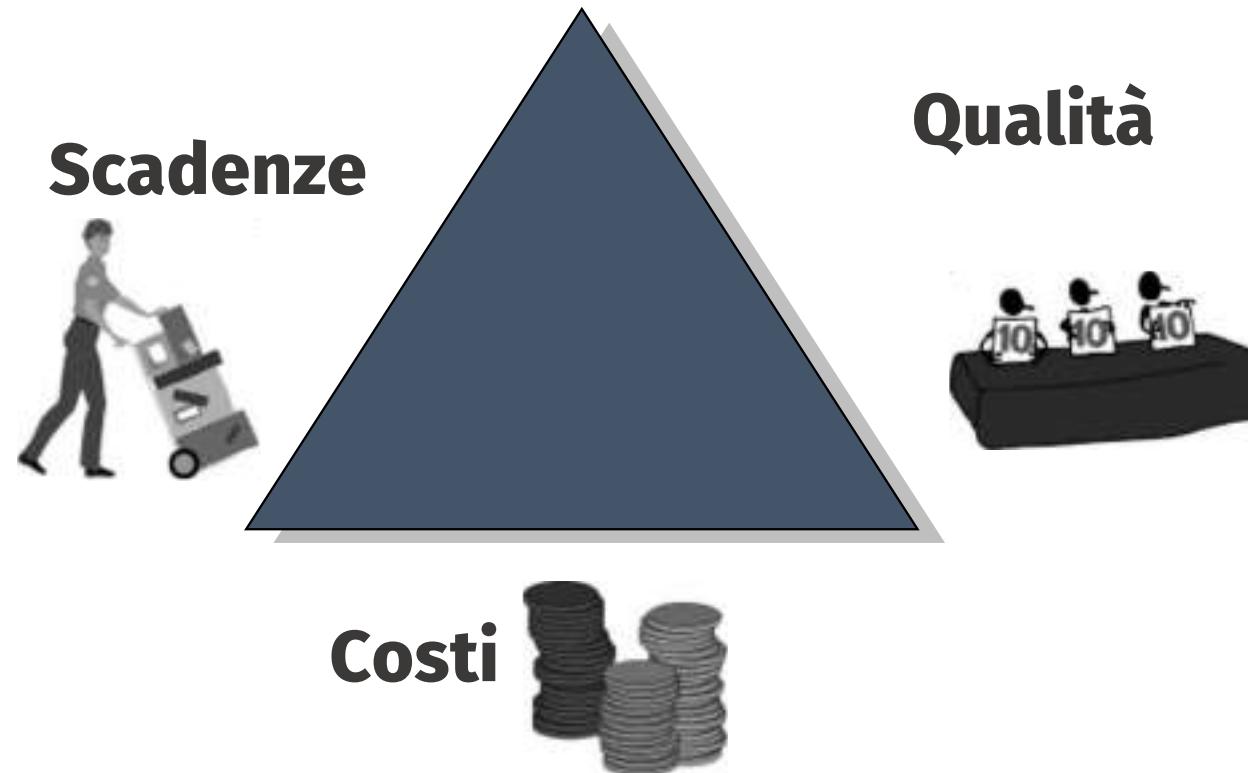
Realistici: goal non realistici creano aspettative irrealistiche e rendono il team frustrato o apatico.

Time-bound: deve avere un inizio e una fine; se non è possibile stabilire una fine, siete sicuri che stiamo parlando di un lavoro operativo?

Misurare e classificare i *goal*

- Iron triangle: tempo, costi, qualità (è la più difficile da misurare)
- Ambito e soddisfazione del cliente
- ... evitare:
 - *gold plating* (placcatura): implementare obiettivi non richiesti
 - fraintendere le priorità del cliente
- Identificare, all'interno degli obiettivi, i fattori critici di successo (quegli obiettivi che sono necessari per il successo del progetto)
 - assicurarsi di focalizzarsi sui fattori critici di successo nella pianificazione

Iron triangle



PROJECT GOAL

Delimitare l'ambito (scope)

C'È UNA FORTE RELAZIONE TRA OBIETTIVI E ATTIVITÀ (LO COPRIREMO SUCCESSIVAMENTE)

L'ambito (scope) descrive il progetto delineando i limiti delle attività e dei deliverable

Gold plating - introdurre funzioni inutili per rendere più felici gli stakeholder

Scope creep - cambiare lentamente l'ambito del progetto attraverso (apparentemente) piccole richieste di modifica... “già che ci siamo, possiamo aggiungere questa nuova caratteristica, funzione, attività!”

(a volte è utile scrivere ciò che non rientra nell'ambito di un progetto).



Definire le priorità

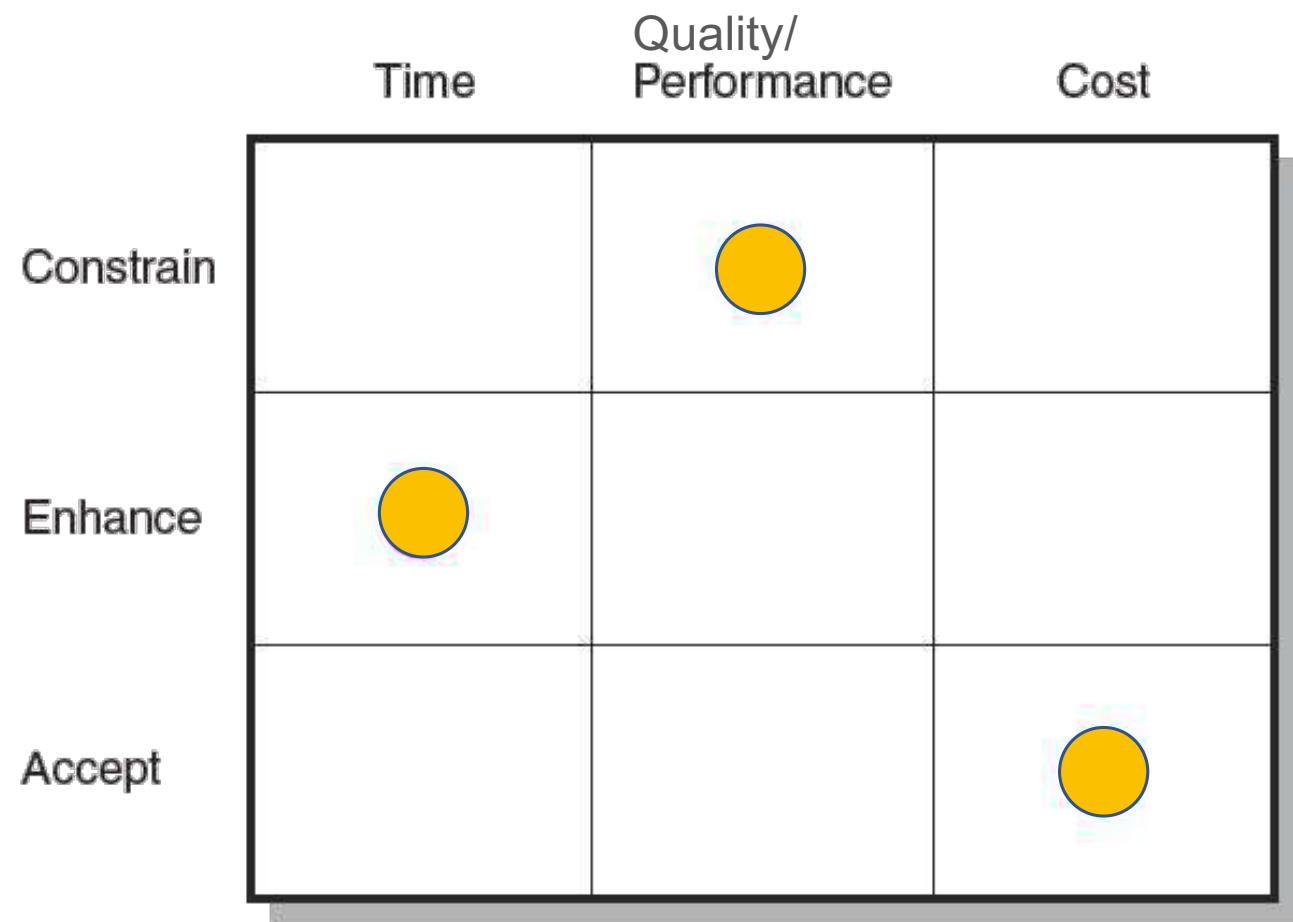
□ Cause del trade-off

- Bilanciamento nell'importanza relativa dei criteri relativi ai parametri di costo, tempo e qualità
 - ✓ Budget-Costo
 - ✓ Schedule-Tempo
 - ✓ Qualità-Scope

□ Gestire i bilanciamenti

- Vincolare: il parametro è fissato
- Migliorare: ottimizzare rispetto agli altri
- Accettare: ridurre o non raggiungere il parametro

Matrice di priorità dei goal



Stakeholder Management

Goal e stakeholder di progetto

- **Teoria degli stakeholder (Freeman 1984)**
 - "Il principio di chi o cosa conta veramente"
- **Un filone etico (anche chi "soffre" per le scelte e i risultati)**
 - Critiche: limiti all'identificabilità; teoria di Friedman e dell'agenzia
 - Attori (individui, organizzazioni, istituzioni, ...) coinvolti attivamente nella realizzazione del progetto
- **In un progetto, devono essere gestiti al fine di:**
 - identificare bisogni e aspettative per fissare gli obiettivi
 - gestirli per assicurare il successo del progetto

Stakeholder (parti interessate)

chi è coinvolto nel progetto e/o le persone/organizzazioni i cui interessi possono essere influenzati dal progetto
possono avere diverse influenze e diversi livelli di interesse nel progetto
possono avere un'influenza positiva o negativa sul progetto
possono essere difficili da identificare



VALUTARE CATEGORIE DIFFERENTI

Stakeholder tipici

- ✓ Cliente/Utente: persona o organizzazione che utilizzerà il risultato di un progetto; possono esserci più livelli di utenti.
- ✓ Organizzazione realizzatrice: l'organizzazione maggiormente coinvolta nel progetto
- ✓ Team di gestione del progetto: i membri del team direttamente coinvolti nella gestione del progetto
- ✓ Sponsor: persona o gruppo che fornisce le risorse finanziarie
- ✓ Influenzatori: persone o gruppi non direttamente collegati al progetto che possono influenzare il corso di un progetto
- ✓ Opppositori del Progetto
- ✓ ...

ALCUNE DIFFICOLTÀ E PROBLEMI

Definire le categorie

Sovrapposizioni tra diversi stakeholder: il cliente può essere anche lo sponsor

Più clienti a diversi livelli

chi sono i clienti di un nuovo farmaco? e i loro interessi? (medici, pazienti, servizio sanitario, ...)

Identificare i caratteri di un “cliente” tipico

Ci sono altre caratterizzazioni/tipologie

Interno/esterno

Rivenditori, partner, sponsor, fornitori, ...

Project Stakeholder Management

Project Stakeholder Management includes the processes required to identify the people, groups, or organizations that could impact or be impacted by the project, to analyze stakeholder expectations and their impact on the project, and to develop appropriate management strategies for effectively engaging stakeholders in project decisions and execution.

(PMI PMBOK 2013)

identificare

Identificare gli stakeholder

LA PRIMA FASE DELLO STAKEHOLDER MANAGEMENT

identificare le persone, i gruppi o le organizzazioni che potrebbero avere un impatto o essere influenzati da una decisione, un'attività o un risultato del progetto, e

analizzare e documentare le informazioni rilevanti riguardanti i loro interessi, il coinvolgimento, le interdipendenze, l'influenza e il potenziale impatto sul successo del progetto



STAKEHOLDER MANAGEMENT

Mappare: la matrice potere/interesse

LA SECONDA FASE DELLO STAKEHOLDER MANAGEMENT

Mappa degli SH in termini di :

- potere/influenza sul progetto
- interesse nel farlo

“fully involve and satisfy those stakeholders with high levels of interest and influence” [PMI, 2013]

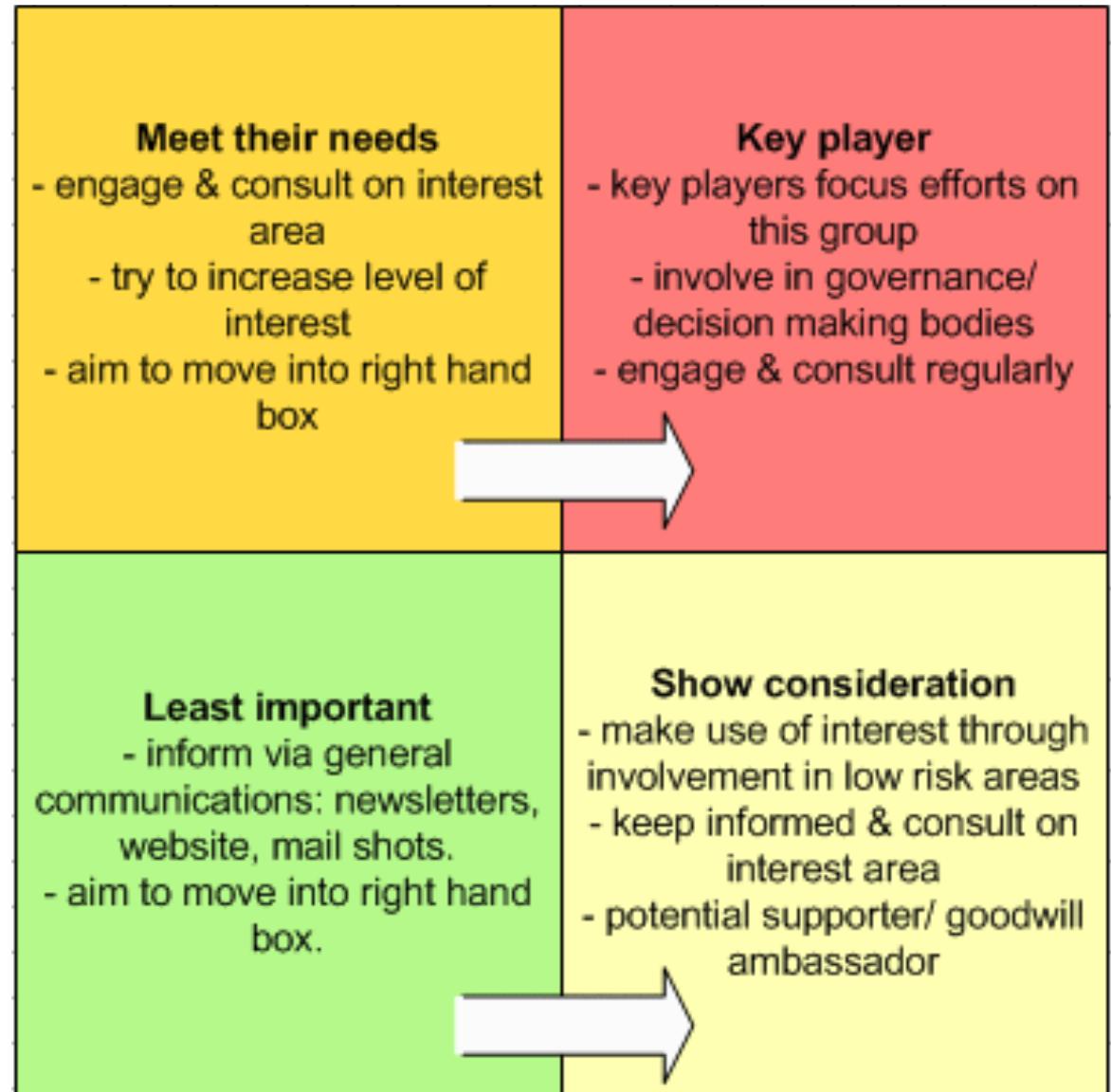


Stakeholder Matrix

Derivare le strategie dalla mappatura degli stakeholder lungo quattro configurazioni in una griglia di potere/interesse

Non è solo utile in termini di comunicazione, ma fornisce anche profili strategici generali per derivare azioni coerenti

Espandere i profili in strategie



SUMMARIZE A MANAGEMENT PLAN: SET ACTIONS

Plan Stakeholder Management

The process of developing appropriate management strategies to effectively engage stakeholders throughout the project life cycle, based on the analysis of their needs, interests, and potential impact on project success

Scomposizione e WBS

Partizionare il progetto

- È necessario scomporre il progetto in parti gestibili
- TUTTI i progetti necessitano di questa fase
- Strategia Divide & Conquer
- Due cause principali di fallimento del progetto
 - dimenticare qualcosa di fondamentale
 - stime “approssimative” che diventano obiettivi
- In che modo la suddivisione aiuta?

Scomposizione (*breakdown*) del progetto

- La scomposizione (gerarchica) di un problema - economico, tecnico, organizzativo - permette di ridurre la complessità
 - dal punto di vista della trattabilità del problema
 - in termini di gestione delle irreversibilità intertemporali
- Ogni progetto può essere visto come un sistema complesso (le interazioni non sono pienamente riconoscibili in anticipo, i loro risultati non sono prevedibili, ecc.)
- La scomposizione del progetto è una prospettiva essenziale per il *project management*

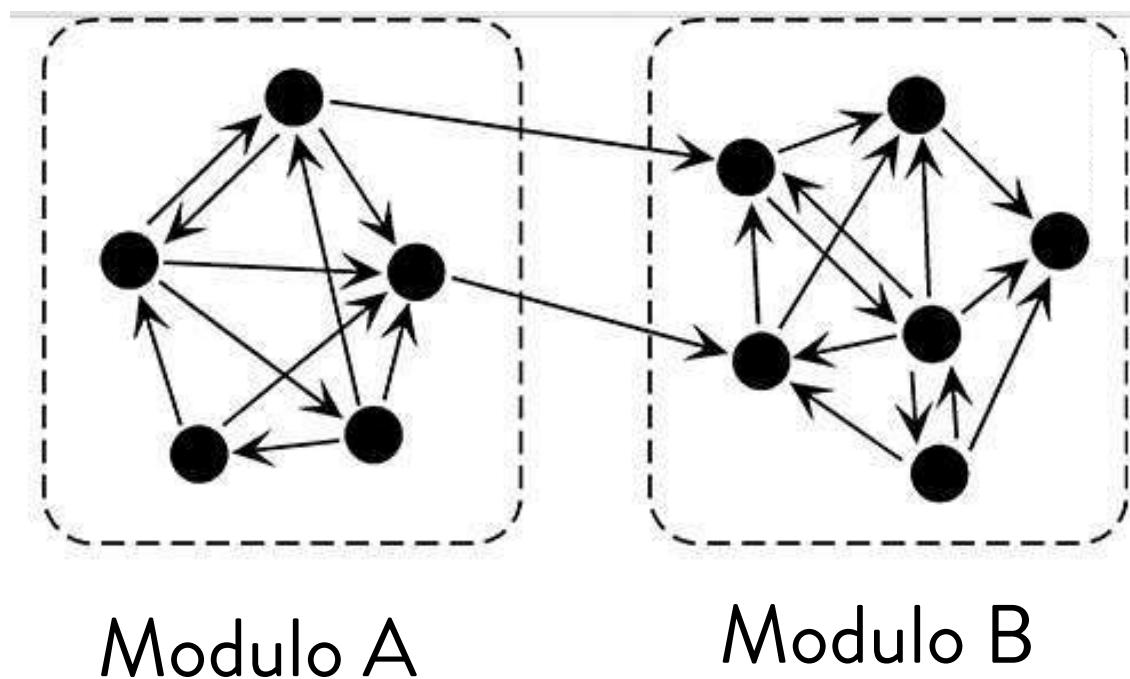
Scopo

Definizione dell'ambito (scope) di progetto



modular

Modularità e scomposizione



SCOMPOSIZIONE

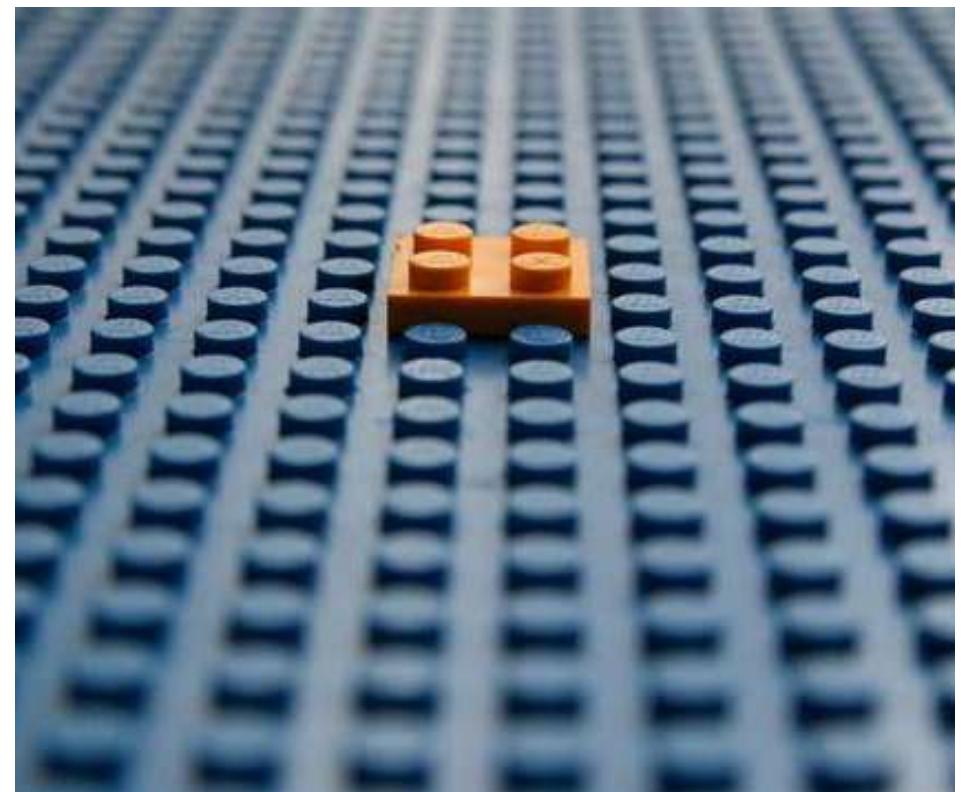
Design modulare

CONNESSIONI DEBOLI

Moduli: blocchi di componenti non completamente dipendenti

Progettazione modulare: suddividere il progetto in blocchi di componenti che possono essere aggregati, ma:

- ✓ **ogni blocco è autonomo: i cambiamenti imprevisti sono locali e non si diffondono in tutto il progetto**
- ✓ **ogni blocco può essere specializzato, in modo da sfruttare l'esperienza e le economie di specializzazione**



**break
down**

Divide et impera nei progetti

Un metodo chiamato *breakdown structure*

Consiste nella scomposizione del progetto in componenti sempre più dettagliate, individuando una gerarchia di elementi fino a raggiungere il livello di definizione più conveniente

Un approccio gerarchico: i livelli intermedi vengono ulteriormente scomposti in modo iterativo

[create] WBS: 'The process of subdividing project deliverables and project work into smaller, more manageable components'

– PMI BOK, 2013

WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Che cosa scomporre? Le attività (work)

ATTIVITÀ E DELIVERABLE (RISULTATI ATTESI)

La WBS è un processo formale per dividere un progetto completo in elementi più piccoli, chiamati **Work Packages**.

Questi pacchetti possono essere ulteriormente suddivisi in elementi di lavoro (**attività**), ciascuno sufficientemente piccolo da poter essere compreso, pianificato e controllato.

Identificare e documentare le attività specifiche che devono essere eseguite per produrre i **deliverable**



ATTIVITÀ & DELIVERABLE

Contenuto

Uno schema gerarchico (mappa) che identifica i prodotti e gli elementi di lavoro coinvolti in un progetto

Uno strumento a doppio strato: attività e deliverable (risultati)

Definisce la relazione del deliverable finale (il progetto) con i suoi task e le loro relazioni con i pacchetti di lavoro

È più adatto a progetti con un certo di ripetitività tra elementi piuttosto che a progetti del tutto innovativi

GERARCHIA

Importanza

- ❑ La Work Breakdown Structure (WBS) può assumere diverse forme
- ❑ Spesso si presenta come uno schema o una figura gerarchica
- ❑ La WBS può rappresentare un progetto suddiviso in blocchi gerarchici
- ❑ È un documento importante e può essere adattato per essere utilizzato in diversi modi.
 - ✓ illustrare come ogni parte del progetto contribuisce in termini di prestazioni,, tempi e budget
 - ✓ elencare i fornitori o i subappaltatori associati a compiti specifici
 - ✓ servire come base per fare stime dei costi o stime della durata dei compiti
 - ✓ essere usata per documentare che tutte le parti hanno firmato i loro vari impegni per il progetto

Come la WBS aiuta il project manager

- Facilita la valutazione dei costi, dei tempi e delle prestazioni tecniche dell'organizzazione in un progetto
- Fornisce alla direzione informazioni appropriate per ciascun livello organizzativo
- Aiuta nello sviluppo della struttura organizzativa (OBS), che assegna le responsabilità del progetto a unità organizzative e individui
- Aiuta a sviluppare la programmazione, i.e. calendario e budget
- Definisce i canali di comunicazione e assiste nel coordinamento dei vari elementi del progetto

WORK BREAKDOWN STRUCTURE

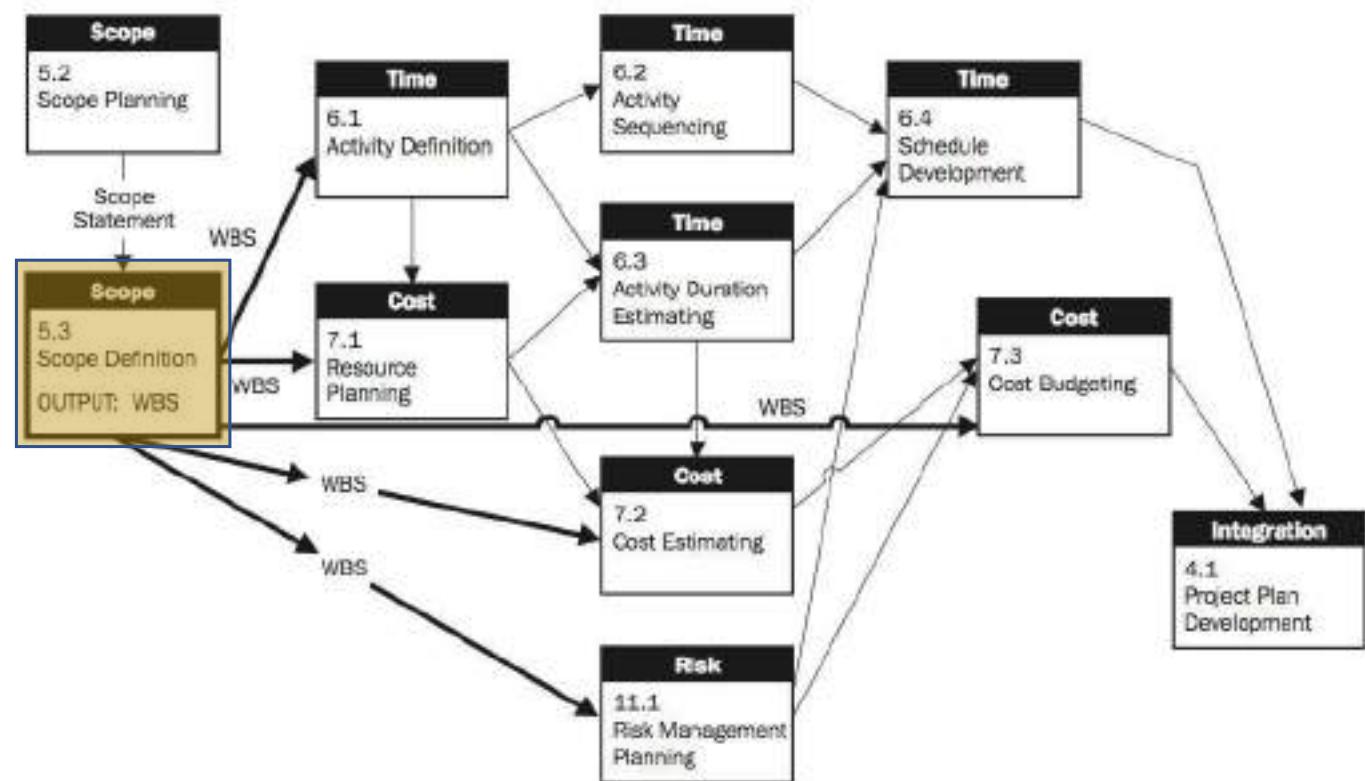
Rilevanza della WBS

PMI BOK (2013)

La Work Breakdown Structure è collocata all'inizio delle fasi più importanti della pianificazione. Dalla WBS derivano:

- La valutazione economica e finanziaria da budget
- La gestione delle attività e lo schedule
- La valutazione del rischio e dell'incertezza

I risultati delle diverse fasi sono integrate nel piano generale di progetto



WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Scomposizione progressiva (gerarchica)

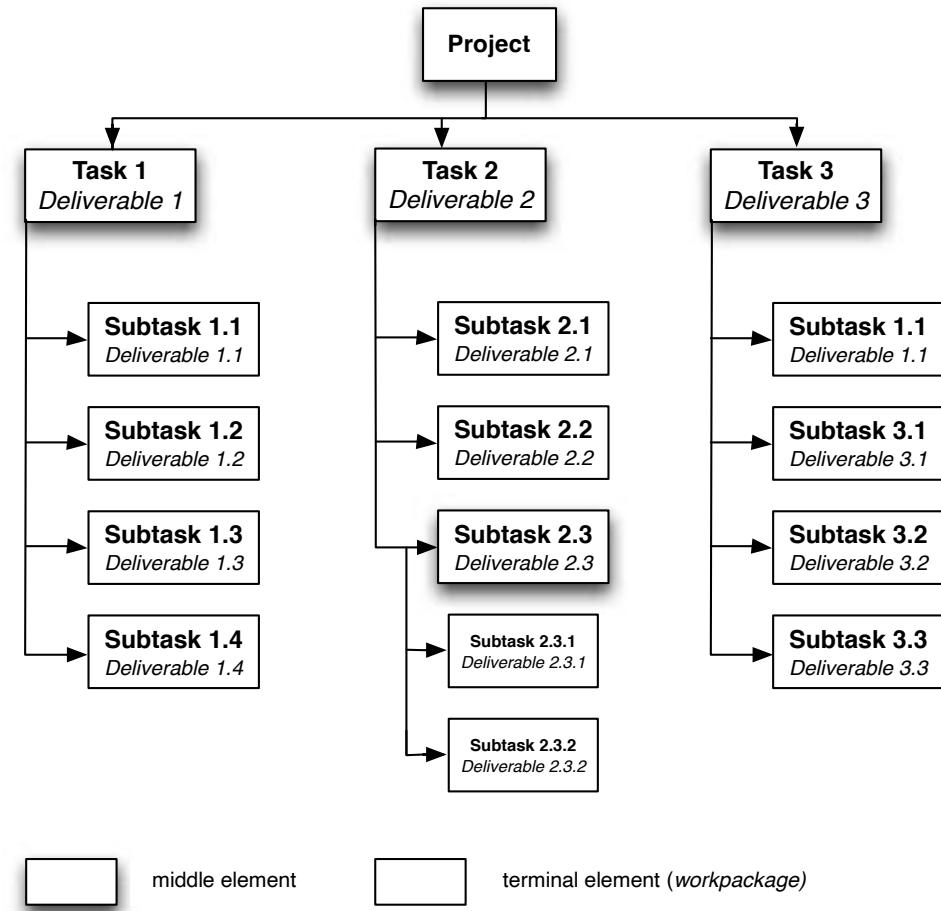
HIERARCHY

Il processo di costruzione di una WBS è un'attività in divenire, che scomponete continuamente i compiti e i deliverable del progetto

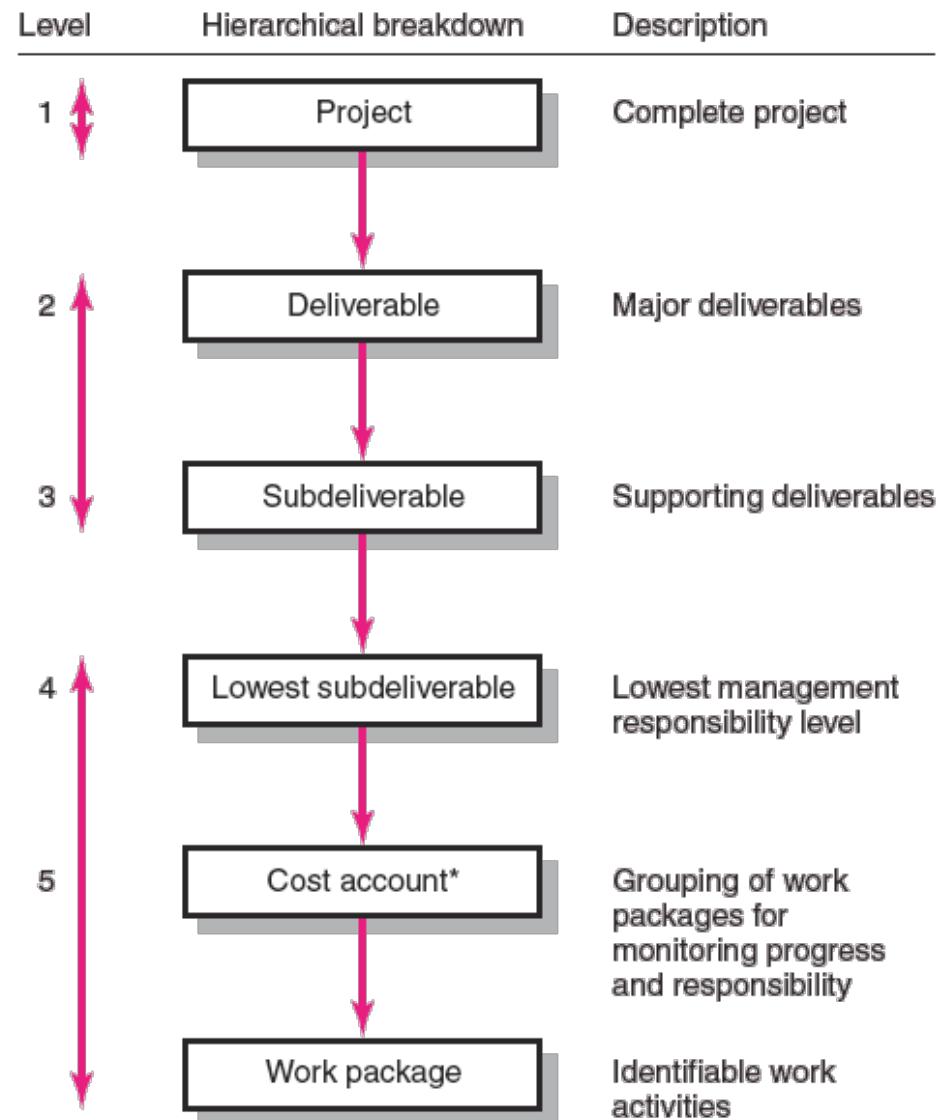
La gerarchia risultante potrebbe risultare in un albero non bilanciato, cioè una struttura con diversi livelli di profondità

Si noti in questa WBS che il *subtask/deliverable* 2.3 sono ulteriormente suddivisi in Work Packages

Questo dimostra che il compito 2.3 ha bisogno di un maggiore controllo e potrebbe essere separato in maniera più profonda



Processo progressivo di scomposizione

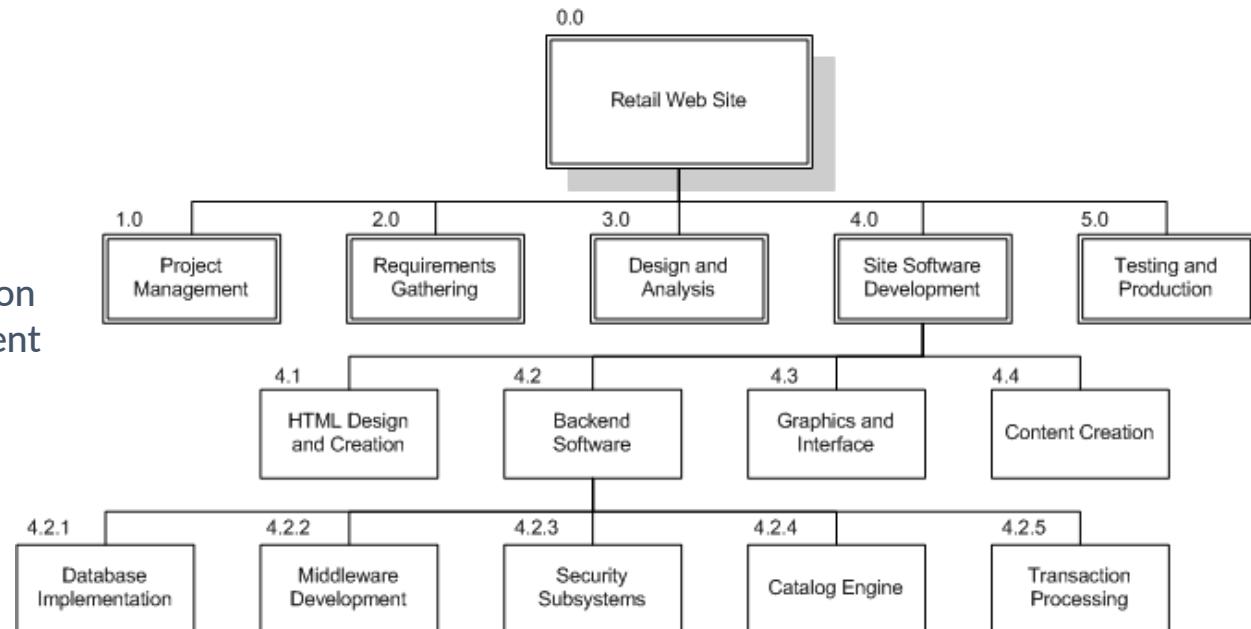


WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Codifica: struttura documentale o grafica

GERARCHIA: UN INDICE O UN ALBERO

0.0 Retail Web Site
1.0 Project Management
2.0 Requirements Gathering
3.0 Analysis & Design
4.0 Site Software Development
 4.1 HTML Design and Creation
 4.2 Backend Software
 4.2.1 Database Implementation
 4.2.2 Middleware Development
 4.2.3 Security Subsystems
 4.2.4 Catalog Engine
 4.2.5 Transaction Processing
 4.3 Graphics and Interface
 4.4 Content Creation
5.0 Testing and Production



Quando fermarsi: i Work Package

Il Work Package è il livello più basso della WBS

- È output-oriented nel senso che:
 - ✓ definisce il lavoro (**cosa**)
 - ✓ identifica il tempo richiesto (**quanto tempo**)
 - ✓ identifica una componente elementare del budget (**costo**)
 - ✓ identifica le risorse necessarie (**quanto**)
 - ✓ identifica il/i responsabile/i del lavoro (**chi**)

STOP

Livello di dettaglio

Il numero di livelli è influenzato da:

Dimensione del progetto

Numero/complessità di risorse e attività coinvolte

Accuratezza e dettaglio delle stime

Livello di controllo necessario

In progetti di piccole/medie dimensioni 3/4 livelli di WBS sono adeguati.



Elementi di costruzione

- Dovrebbe essere facile da comprendere
- Alcune aziende hanno standard aziendali per questi schemi
- Alcuni elementi di alto livello, come il team di PM, sono inclusi nella WBS di default; altri variano in base al progetto
- Ciò che spesso causa più problemi è ciò che manca
- Scomponi finché non riesci a generare stime accurate
- Assicurati che ogni attività corrisponda a un deliverable (prodotto/risultato da realizzare)

Tecniche di costruzione

□ Strumenti?

- Excel, Word, Project
- Applicazioni per diagrammi (Canva, Miro, Visio, etc)
- App specializzate

□ Riutilizzate/cercate un “template”

- Modelli di WBS costruiti e consolidati nel tempo
- Alcuni ambiti sono caratterizzati da WBS standard o semi-standard (template)

WORK BREAKDOWN STRUCTURE

Tecniche di costruzione

LINEE GUIDA

Brainstorming

Generate tutte le attività che potete concepire
o che necessitano di essere realizzate

Raggruppatele in categorie

Coordinare tutti gli ambiti/domini che
caratterizzano il progetto

Coinvolgere le persone che svolgeranno il
lavoro (il consenso è importante!)



Completezza: 100% rule (PMI, 2013)

La regola del 100%... afferma che la WBS include il 100% del lavoro definito dall'ambito del progetto e cattura tutti i deliverable - interni, esterni, intermedi - in termini di lavoro da completare, compresa la gestione del progetto. La regola del 100% è uno dei principi più importanti che guidano lo sviluppo, la scomposizione e la valutazione della WBS. La regola si applica a tutti i livelli della gerarchia: la somma del lavoro al livello "figlio" deve essere uguale al 100% del lavoro rappresentato dal 'genitore' e la WBS non deve includere alcun lavoro che non rientri nell'ambito effettivo del progetto, cioè non può includere più del 100% del lavoro".

Valutazione dei costi e budget

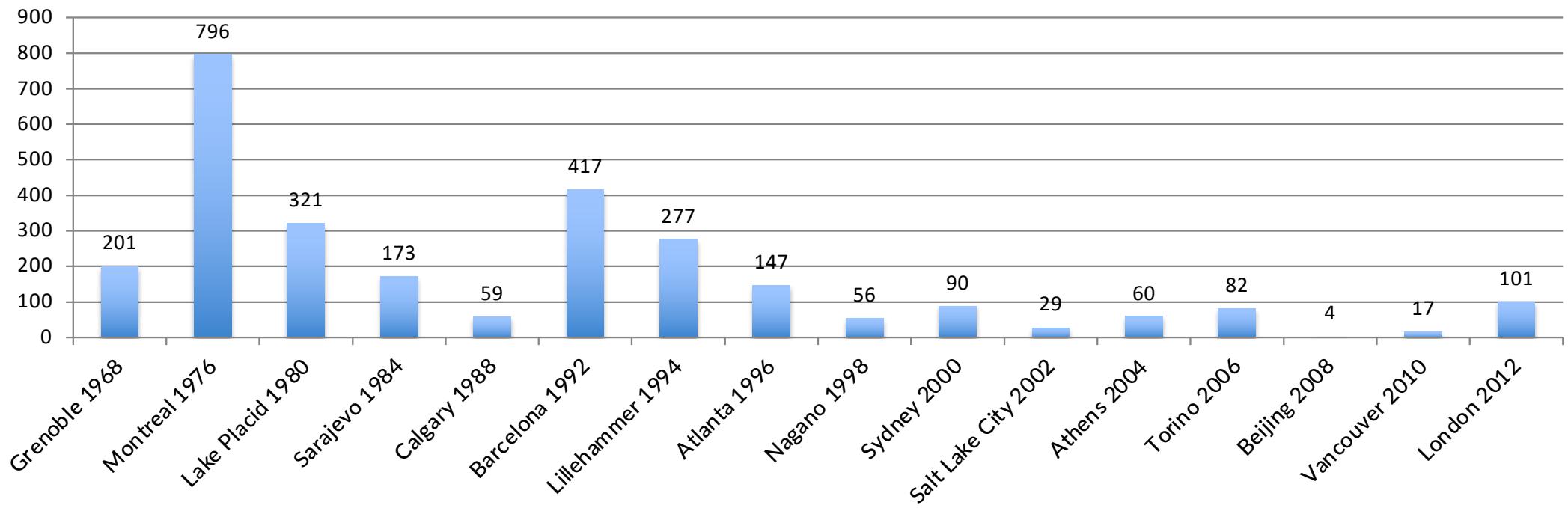
La gestione dei costi nei progetti

- I progetti hanno un bilancio negativo per quanto riguarda il rispetto degli obiettivi di budget.
- Nel 2014 gli Stati Uniti hanno perso 115 miliardi di dollari in progetti IT a causa di progetti cancellati e sforamenti, rispetto ai 140 miliardi di dollari del 1994.
- Gli studi CHAOS del 2015 hanno mostrato che il superamento medio dei costi (la percentuale aggiuntiva o l'importo in dollari di cui i costi effettivi superano le stime) è stato del 41%.

The Standish Group, 'CHAOS Report', various editions

Cost overrun nei giochi olimpici

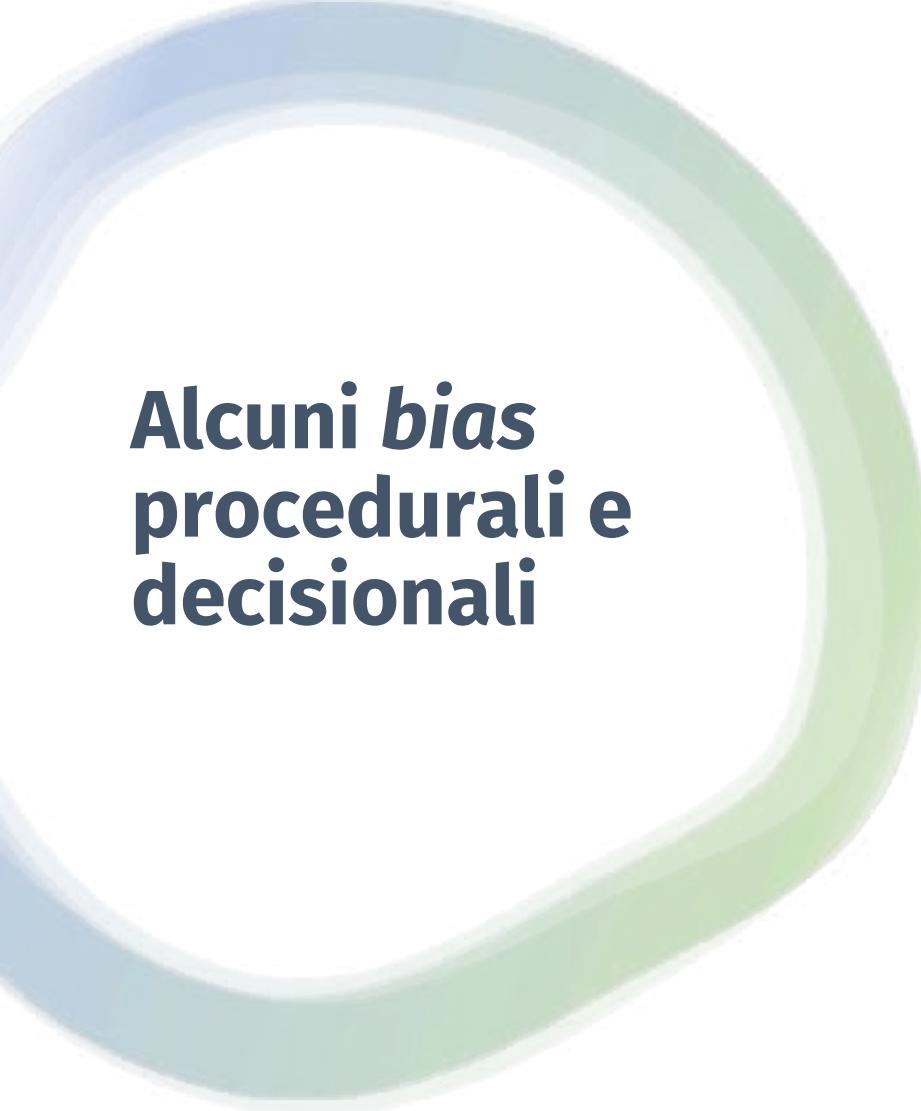
% overrun sul budget definitivo



Flyvbjerg & Stewart, 2012

Perché i *project budget* sono problematici

- I progetti sono unici (incertezza) per definizione
- Spesso scontano scarsa esperienza nella identificazione e stima delle risorse
- Mancanza di “pezze d'appoggio” o di conoscenza codificata nel tempo
- Molti progetti possono durare anni
 - Incertezza intertemporale
 - Incertezza su fabbisogni, disponibilità, costi delle risorse



Alcuni *bias* procedurali e decisionali

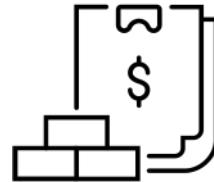
- Spesso si tende ad evidenziare solo gli aspetti positivi di progetto (*showcasing* e *window-dressing*)
- Ampliamento eccessivo e incontrollato delle attività e nelle specifiche di progetto (*scope creeping*), spesso determinato da rimodulazioni del budget
- *Optimistic bias* e *planning fallacy* [Kahneman-Tversky]
- Illusione del controllo

Gestione dei costi di progetto: fasi

Le attività principali nella gestione dei costi ruotano attorno a tre fasi fondamentali: la stima dei costi, la costruzione del budget e il controllo.

I primi due processi - stima e budget - si concentrano principalmente sulla fase di pianificazione del ciclo di vita.

Il controllo dei costi riguarda le fasi di esecuzione e misura le differenze tra i costi di base e i costi effettivi nella realizzazione del progetto.



Stima

Sviluppare un'approssimazione o una stima delle risorse e dei loro costi per realizzare il progetto.



Budgeting

Allocazione della stima dei costi alle singole voci di lavoro per stabilire una base di riferimento (*baseline*) per la misurazione delle prestazioni



Controllo

Controllo in esecuzione utilizzando il budget come *baseline*



Le stime dei costi sono importanti per...

- supportare le decisioni sul progetto.
- programmare il lavoro
- determinare il costo totale del progetto
- determinare se il progetto è sostenibile
- sviluppare le esigenze di flusso di cassa
- analizzare lo stato di avanzamento
- sviluppare i budget per fasi temporali e stabilire la *baseline* del progetto.

IL BUDGET SERVE COME STANDARD DI CONFRONTO

Budgeting e stima dei costi

- Le procedure di budgeting devono associare l'uso delle risorse al raggiungimento degli obiettivi organizzativi, altrimenti il processo di pianificazione/controllo diventa inutile
- Il budget è semplicemente il piano di progetto in un'altra forma
- Per sviluppare un budget, dobbiamo:
 - ✓ prevedere quali risorse il progetto richiederà
 - ✓ determinare la quantità necessaria di ciascuna
 - ✓ decidere quando saranno necessarie
 - ✓ capire quanto costeranno - compresi gli effetti della potenziale inflazione dei prezzi

Cost Budgeting e WBS



Il processo di budgeting prevede l'assegnazione della stima dei costi del progetto alle singole voci di lavoro nel tempo



La WBS è un input necessario per il processo di budgeting dei costi perché definisce le voci di lavoro



Obiettivo: produrre una *baseline*, un budget temporale che i project manager utilizzano per misurare e monitorare le prestazioni economiche

BUDGETING

Bottom-Up Budgeting

INIZIARE CON LE PERSONE CHE REALIZZANO LE ATTIVITÀ

Si parte dalla base della WBS e i costi vengono definiti e aggregati verso l'alto

Si devono aggiungere costi indiretti ed eventuali riserve

In questo metodo, le attività elementari, i loro programmi e i loro budget individuali sono costruiti seguendo la WBS

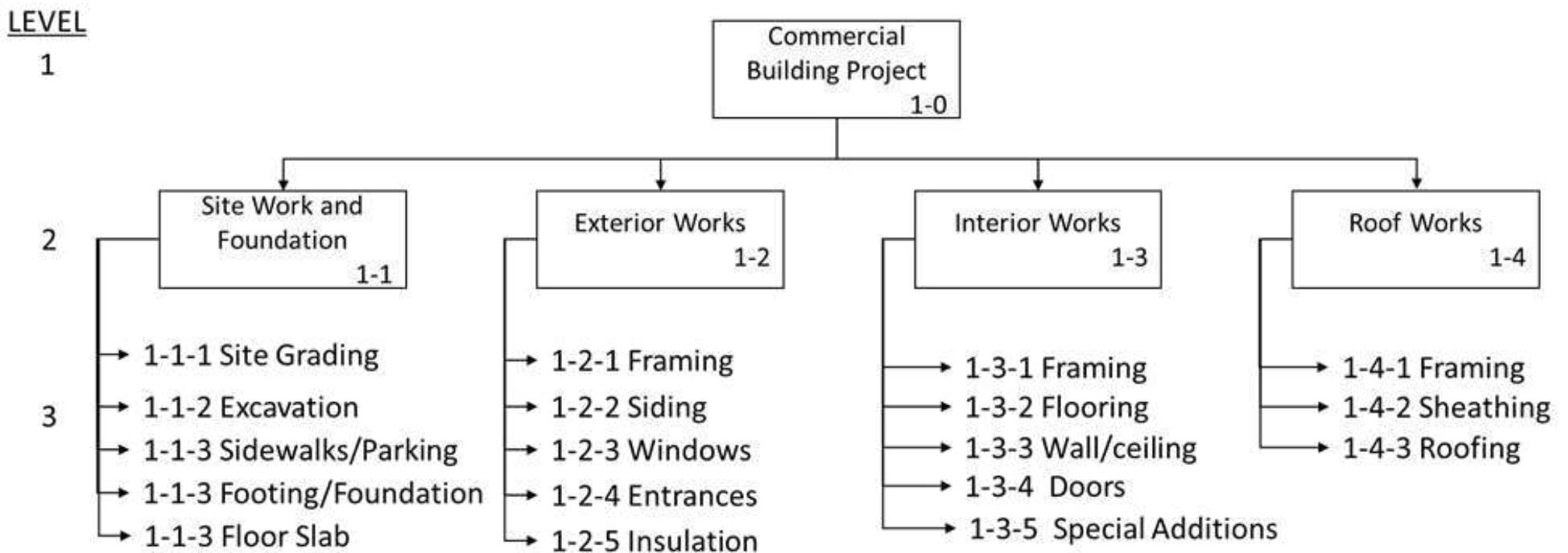
Le persone che svolgono il lavoro sono consultate riguardo ai tempi e ai budget per assicurare il miglior livello di accuratezza

Inizialmente, le stime sono fatte in termini di risorse, come le ore di lavoro e i materiali

I budget dal basso verso l'alto dovrebbero essere, e di solito lo sono, più accurati nelle attività dettagliate, ma è fondamentale che tutti gli elementi siano inclusi



Esempio: WBS a tre livelli per un progetto edilizio



Sviluppo di un budget di progetto

Quattro elementi di base

- Identificare i deliverable attesi
- Prevedere i fattori necessari
 - Lavoro
 - Risorse materiali
 - Intangibili
 - Altre risorse
- Stabilire il costo di accesso alle risorse
- Programmare l'orizzonte temporale

Il budget mostra il valore monetario delle risorse necessarie nel tempo

Esempio: template per raccogliere elementi di costo su un singolo workpackage

Project Name _____
Date _____
Task Number _____

RESOURCES NEEDED

Resources	Person to Contact	How Many/ Much Needed	When Needed	Check (✓) If Available
People: Managers, Supervisors				
Professional & Technical				
Nontechnical				
Money				
Materials: Facilities				
Equipment				
Tools				
Power				
Space				
Special Services: Research & Test				
Typing/clerical				
Reproduction				
Others				

Budget per fasi temporali

un budget non è tale se non è sviluppato per fasi temporali

- La suddivisione in fasi inizia con la stima dei tempi di un progetto.
- I budget per fasi rispecchiano il modo in cui si verificherà il fabbisogno di cassa del progetto (costi) o il momento in cui ci si può aspettare i flussi di cassa del progetto.
- Le variazioni di budget si verificano quando gli eventi effettivi e quelli previsti non coincidono.

Budget per categoria di costo (WP mancanti)

#WBS Item	Budget mensile (€)												Totals
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1 Project management													96000
1.1 Project manager	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	96000
1.2 Project team members	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	144000
1.3 Contractors		6027	6027	6027	6027	6027	6027	6027	6027	6027	6027	6027	66297
2 Hardware													0
2.1 Handheld devices				30000	30000								60000
2.2 Servers				8000	8000								16000
3 Software													0
3.1 Licensed software				10000	10000								20000
3.2 Software development	60000	60000	80000	127000	127000	90000	50000						594000
4 Testing		6000	8000	12000	15000	15000	13000						69000
5 Trainig & support													0
5.1 Trainee cost													50000
5.2 Travel cost													8400
5.3 Project team members						24000	24000	24000	24000	24000	24000	24000	144000
6 Reserves		10000	10000	30000	30000	60000	40000	40000	30000	3540	3540	253540	
Totals	20000	86027	92027	172027	223027	198027	185027	173027	148427	90027	80027	53567	1521237

Work Element Costing

- Il processo vero e proprio di costruzione di un budget tende a essere un processo semplice ma noioso
- Ogni elemento di lavoro nella WBS viene valutato per il suo fabbisogno di risorse, e quindi per il costo
- I costi diretti per le risorse sono imputati direttamente al progetto. La manodopera è solitamente soggetta a spese generali. Le risorse materiali e i macchinari possono essere o meno soggetti a spese generali....
- Si aggregano poi elementi di costo generale e amministrativo (G&A).

Tipi di costo nel budget

□ Costi diretti

- Costi chiaramente imputabili a uno specifico pacchetto di lavoro.
 - ✓ Manodopera, materiali, attrezzature e altri

□ Costi generali diretti (per attività)

- Costi sostenuti che sono direttamente legati a un progetto ma spesso necessitano di procedure di ripartizione e attribuzione.
 - ✓ Stipendi di personale amministrativo, affitti, forniture, macchinari specializzati

□ Costi generali e amministrativi

- Costi dell'organizzazione legati al progetto che sono imputati in toto senza ripartizione

Due tipi principali di costo

□ Costi diretti

- Costi facilmente riconducibili al pacchetto di lavoro del progetto
- Lavoro, materiali, attrezzature, gestione del progetto?

□ Costi indiretti

- Tutti i costi diversi da quelli diretti; necessari per il corretto completamento
- Gestione, assicurazione, amministrazione, ecc.

□ “Il PM ha di solito un certo controllo sui costi diretti, ma ha poco o nessun controllo sui costi indiretti”

□ “Una notevole quantità di tempo è molto spesso dedicata alla definizione e alla stima dei costi diretti, con i costi indiretti che assumono un'importanza secondaria”

Esempio: stime e categorie di costo

- Manodopera: due parti - stipendio + costi accessori (tasse oneri sociali, ecc)
- Materiali: di solito ottenuti da fornitori interni/esterni.
- Attrezzature: quota di ammortamento se utilizzabili anche per altri progetti.
- Subappalti e servizi: elementi eseguiti da un'azienda esterna.
- Costi: assicurazioni e contratti di licenza
- Spese organizzative: personale d'ufficio, affitto dell'ufficio.
 - Progetto interno - incluso per fornire il costo completo;
 - Gara d'appalto - incluso come unico mezzo per recuperarle
- Riserve per rischi diversi
- Margine: di solito non applicabile per progetti interni

Categorie tipiche

WBS	Lavoro	Materiali	Attrezzature	Servizi	...
1.1					
1.1.1					
1.1.2					
1.2					
1.2.1					
1.2.2					
...
Total					

Gestione delle attività

Elementi di gestione delle attività

- Definizione delle attività: identificare le attività specifiche che i membri del team di progetto e gli stakeholder devono svolgere per produrre i deliverable del progetto
- Sequenziamento: identificare e documentare le relazioni tra le attività del progetto
- Stima delle risorse delle attività: stimare quante risorse il team di progetto deve utilizzare per svolgere le attività del progetto
- Stima della durata delle attività: stimare il numero di periodi di lavoro necessari per completare le singole attività
- Sviluppo dello schedule: analizzare le sequenze delle attività, le stime delle risorse delle attività e le stime della durata delle attività per creare la schedulazione del progetto
- Controllo: gestire le modifiche allo schedule durante la realizzazione del progetto

Identificazione delle attività

Lo scheduling nasce dai documenti di base di progetto

- ✓ il project charter include le date di inizio e fine e le informazioni sul budget
- ✓ la WBS aiuta a definire il contenuto in termini di attività

La pianificazione delle attività comporta spesso lo sviluppo di una WBS più dettagliata e di spiegazioni per comprendere il lavoro da svolgere, in modo da poter sviluppare stime realistiche dei costi e della durata

IDENTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ

Elenco e attributi

Un elenco di attività è una lista di attività da pianificare e comprende:

- il nome dell'attività
- un identificatore dell'attività
- una breve descrizione

Sono spesso richieste anche ulteriori informazioni quali predecessori, successori, relazioni logiche, requisiti di risorse, vincoli, scadenze imposte e ipotesi relative all'attività.



IDENTIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ

Milestone

Una milestone è un evento significativo che normalmente non ha durata

Spesso sono necessarie diverse attività e molto lavoro per completare una milestone

Sono strumenti utili per stabilire obiettivi di pianificazione e monitorare i progressi

Esempi includono l'ottenimento dell'approvazione del cliente su documenti chiave o il completamento di componenti specifiche di progetto



Sequenziamento delle attività

- comporta la revisione delle attività e l'individuazione delle dipendenze
- le dipendenze definiscono l'insieme di relazioni di priorità e la loro natura tra attività/compiti del progetto
- è necessario determinare le dipendenze almeno per applicare l'analisi del sentiero critico

Quattro tipi di dipendenze

Obbligatorie: inerenti alla natura del lavoro svolto su un progetto, a volte definite come logica stringente (hard logic)

Discrezionali: definite dal team di progetto; a volte definite come logica debole (soft logic) e dovrebbero essere usate con cautela poiché potrebbero limitare le opzioni di pianificazione future

Esterne: coinvolgono relazioni tra attività di progetto e non di progetto

Dalle risorse: correlate a situazioni in cui emerge la scarsità di risorse e diverse attività competono per accedere alla risorsa

Tipi di dipendenze

□ Dipendenze obbligatorie

- Dipendenze a "logica stringente" (*hard logic*)
- La natura del lavoro impone un ordine
- Es: La codifica deve precedere il test
- Es: I requisiti devono precedere i contratti

□ Dipendenze discrezionali

- Dipendenze a "logica debole" (*soft logic*)
- Determinate dal team di gestione del progetto
- Orientate al processo
- Es: Ordine discrezionale di osservanza di atti burocratici

Tipi di dipendenze

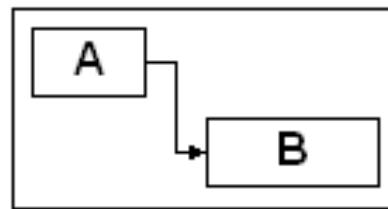
□ Dipendenze esterne

- Al di fuori del progetto stesso
- Es: attesa del rilascio di un prodotto di terze parti; approvazione di un contratto o di una convenzione

□ Dipendenze dalle risorse

- Più attività concorrono per la stessa risorsa scarsa
- Es: c'è un solo team di supporto ma molteplici attività lo richiedono

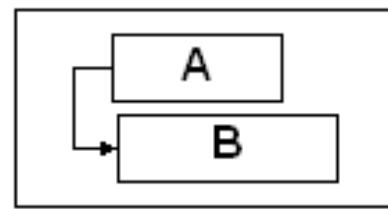
Dipendenze tra task



Finish-to-Start (FS)

B non può iniziare finchè A non finisce

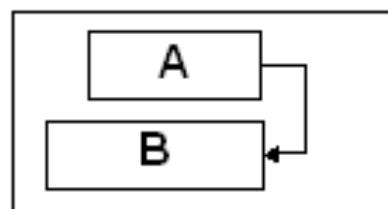
A: costruisci recinto; B: dipingi recinto



Start-to-Start (SS)

B non può iniziare finchè A non inizia

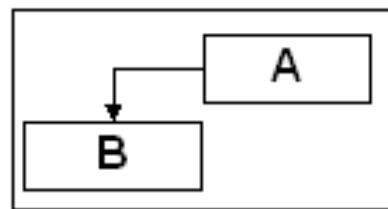
A: getta fondamenta; B: livella cemento



Finish-to-Finish (FF)

B non può finire finchè A non finisce

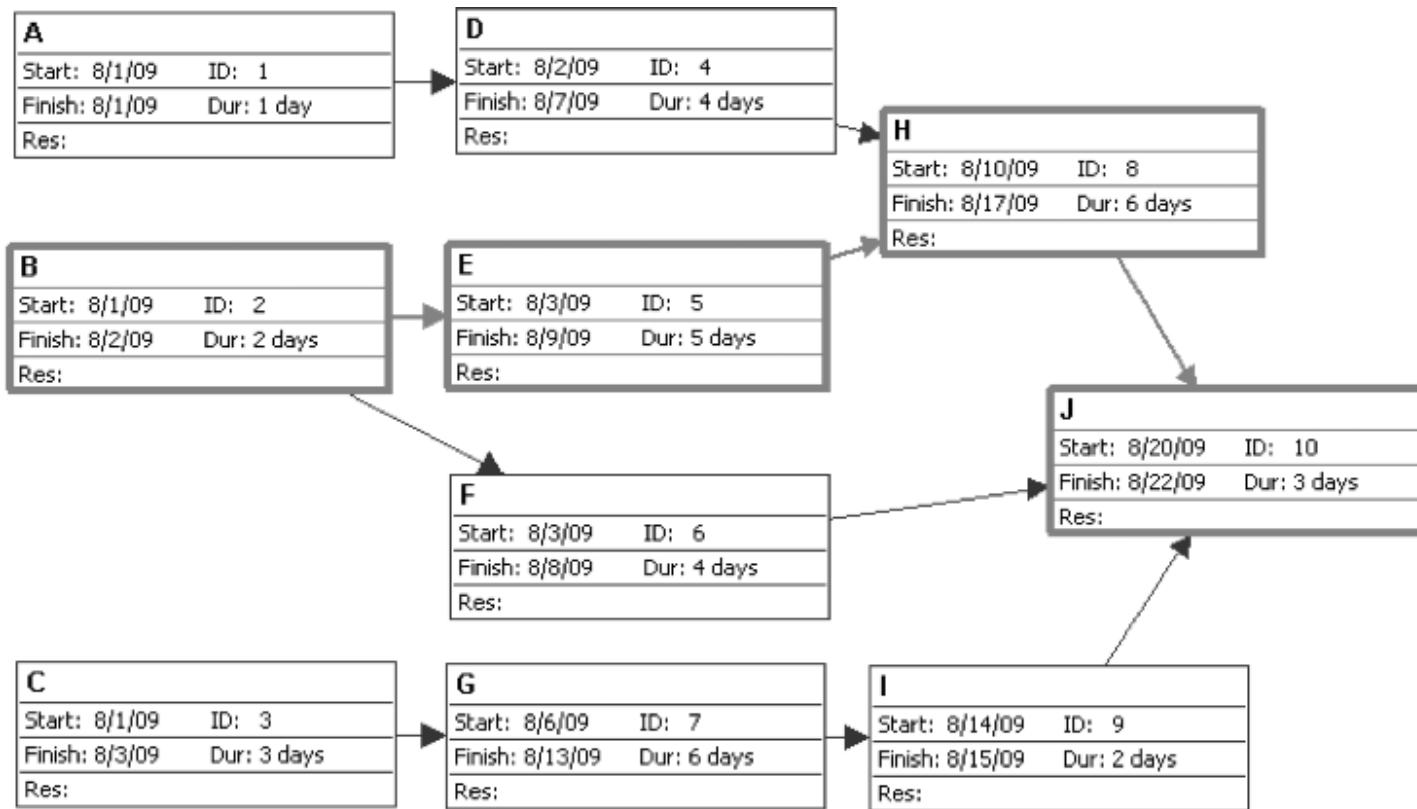
A: aggiungi cablaggio; B: ispeziona



Start-to-Finish (SF)

B non può finire finché A non inizia
(rara)

PDM Diagramma con relazioni FS



Scheduling

GESTIONE DELLE ATTIVITÀ

Scheduling

DEFINIZIONE

La conversione di un piano d'azione di progetto in un calendario operativo

- ✓ serve come base per il monitoraggio e il controllo del progetto
- ✓ è uno strumento fondamentale per la gestione dei progetti, assieme al budget



SCHEDULING

Un processo di scheduling

FASI

- 1) Inizia dalla WBS
- 2) Identifica e lista le attività
- 3) Considera precedenze e relazioni
- 4) Sviluppa diagrammi di Gantt e reticolari
- 5) Determina il sentiero critico



SCEDULING

Stima delle durate

TEMPO, ATTIVITÀ, RISORSE

Durata include la quantità effettiva di tempo lavorato su un'attività (più il tempo già trascorso)

Sforzo è il numero di giorni lavorativi o ore di lavoro richieste per completare un'attività.

Lo sforzo normalmente non è uguale alla durata: cfr. tempi di attesa, setup, tempi morti, ecc..

Le persone che svolgono il lavoro dovrebbero aiutare a creare le stime e un esperto dovrebbe validarle.



GANTT Chart

Il diagramma di Gantt

- Un diagramma di Gantt è un grafico a barre orizzontale sviluppato come strumento di controllo della produzione nel 1917 da Henry L. Gantt, un ingegnere e scienziato sociale americano.
- Frequentemente utilizzato nella gestione dei progetti, un diagramma di Gantt fornisce una rappresentazione grafica che aiuta a pianificare, coordinare e tenere traccia di compiti specifici in un progetto.
- I diagrammi di Gantt possono essere versioni semplici create su carta o versioni automatizzate più complesse create utilizzando applicazioni di gestione come Microsoft Project o Excel.

SCHEDULING

Diagramma di Gantt

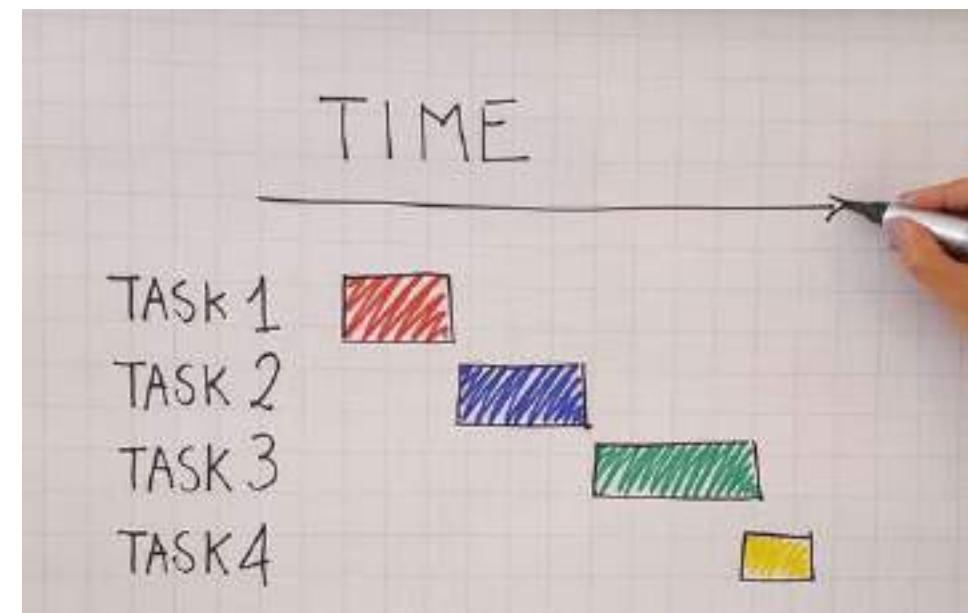
PROS & CONS

Vantaggi

- Semplice da comprendere
- Immediato identificare stato e progresso
- Facile da gestire
- Strumento diffuso per comunicare lo stato del progetto a clienti o manager esterni

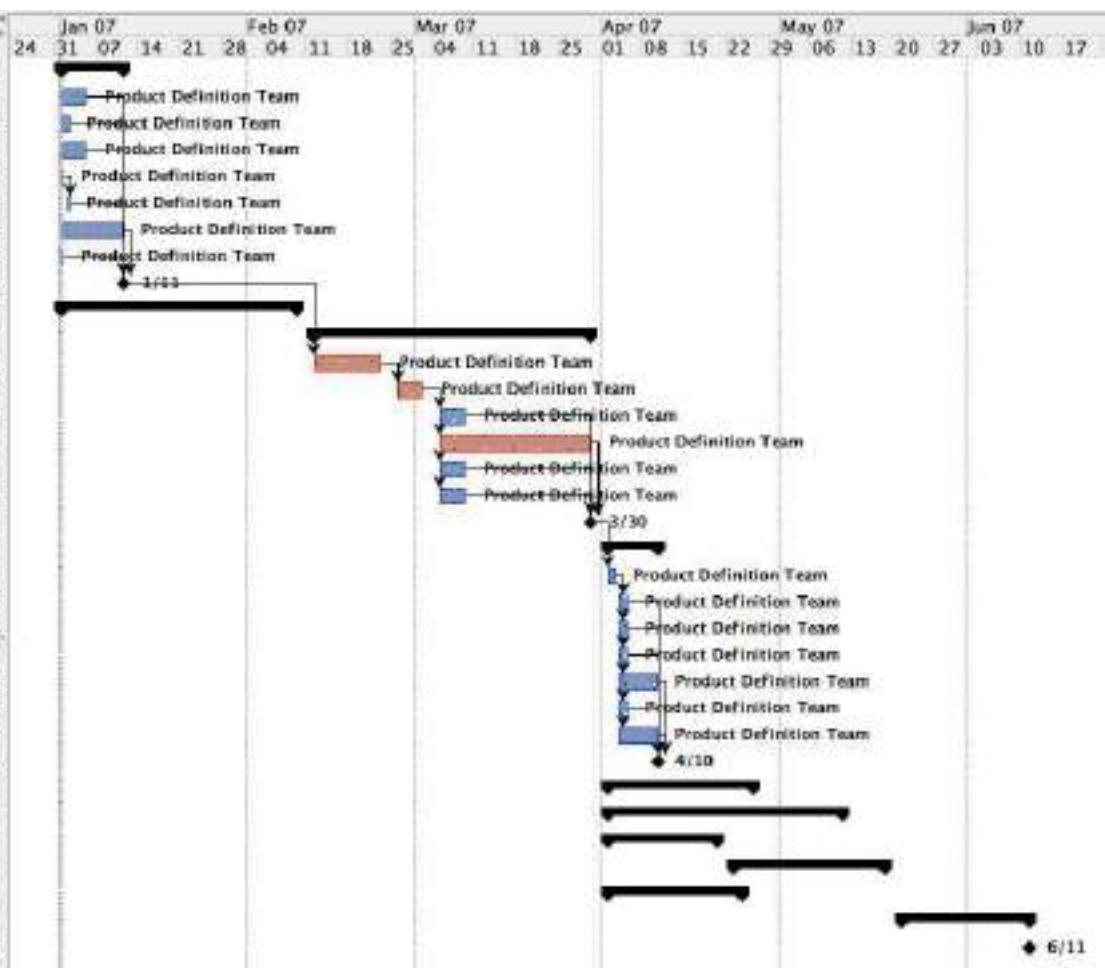
Limiti

- Superficiale
- Non sempre è semplice comprendere relazioni e vincoli



Esempio: notare gerarchia e milestone

#	Name	Duration
1	Clarifying Business Position for the Product	9 days?
2	Review your business market	5 days?
3	Define your current market position and establish milestones for future development	2 days?
4	Establish business goals	3 days?
5	Review strategies and plans for sales, marketing and pricing	1 day?
6	Define product goals and milestones	1 day?
7	Review status of organization, suppliers, and milestones over time	9 days?
8	Establish infrastructure to support activities for development, delivery, and service	1 day?
9	Business Position for Product Clarified	0 days
10	Establish company infrastructure to support product planning	30 days?
11	Define Product	35 days?
12	Identify your product/service	10 days?
13	Identify the need for the product	5 days?
14	Identify trends that drive current and future need for targets	5 days?
15	Develop product use and features	20 days?
16	Identify product differentiators	5 days?
17	Identify comparisons and contrasts from other products in the market	5 days?
18	Product Definition Complete	0 days
19	Identify Customers and Target Segments	7 days?
20	Define segment strategy	2 days?
21	Establish product targets and segments	2 days?
22	List important characteristics to business	2 days?
23	Estimate size per segment	2 days?
24	Estimate growth and development over time	5 days?
25	Quantify market potential for product	2 days?
26	Set preliminary timelines for sales per segment	5 days?
27	Customers and Target Segments Identified	0 days
28	Define the Business Model and How to Profit	19 days?
29	Identify Competition and their Target Segments	30 days?
30	Define Success Measures	13 days?
31	Define Product Team	20 days?
32	Determining Financial Needs of the Product	17 days?
33	Decide to Move Forward with Product Definition	18 days?
34	Product Development Planning Project Complete	0 days



Dettaglio: gerarchia e milestone



II Critical Path Method (CPM)

Tecniche reticolari: PERT e CPM

- Con l'eccezione dei diagrammi di Gantt, l'approccio più comune allo scheduling è l'uso di tecniche di rete come PERT e CPM
- La *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) è stata sviluppata dalla Marina degli Stati Uniti nel 1958 (non tratteremo il PERT)
- Il *Critical Path Method* (Metodo del Sentiero Critico) è stato sviluppato da DuPont, Inc. circa nello stesso periodo
- Il PERT è stato utilizzato principalmente per progetti di ricerca e sviluppo
- Il CPM è stato ideato per progetti di costruzione ed è stato generalmente adottato in contesti industriali
- I due metodi sono piuttosto simili

Terminologia

- **Attività** - un compito specifico o un insieme di compiti richiesti dal progetto, che utilizzano risorse e richiedono tempo per essere completati.
- **Evento** - il risultato del completamento di una o più attività. Uno stato finale identificabile che si verifica in un particolare momento. Gli eventi non utilizzano risorse.
- **Rete** - la combinazione di tutte le attività ed eventi che definiscono il progetto e le relazioni di precedenza delle attività.
- **Percorso** - la sequenza di attività connesse (o eventi intermedi) tra due eventi qualsiasi in una rete.
- **Critico** - attività, eventi o fasi che, se ritardate, ritarderanno il completamento del progetto. Un percorso critico di un progetto è inteso come la sequenza di attività critiche (o più lente) che collegano l'evento di inizio del progetto al suo evento di fine.

Reti e relazioni

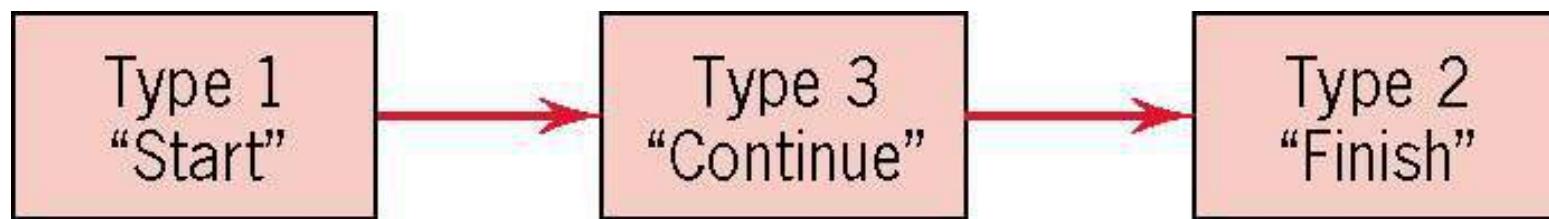
- Un'attività può trovarsi in una di queste condizioni:
 - avere uno o più successori ma nessun predecessore - avvia una rete
 - avere uno o più predecessori ma nessun successore - termina una rete
 - avere sia predecessori che successori - nel mezzo di una rete
- Le interconnessioni dipendono dall'insieme di relazioni (hard, soft, ecc...) descritte nella fase di sequenziamento delle attività

Attività e date

- Earliest finish (EF): la (data) più vicina in cui un'attività può terminare dall'inizio del progetto
- Earliest start (ES): la (data) più vicina in cui un'attività può iniziare dall'inizio del progetto
- Latest finish (LF): la (data) più lontana in cui un'attività può terminare senza ritardare il progetto
- Latest start (LS): la (data) più lontana in cui un'attività può iniziare senza ritardare il progetto

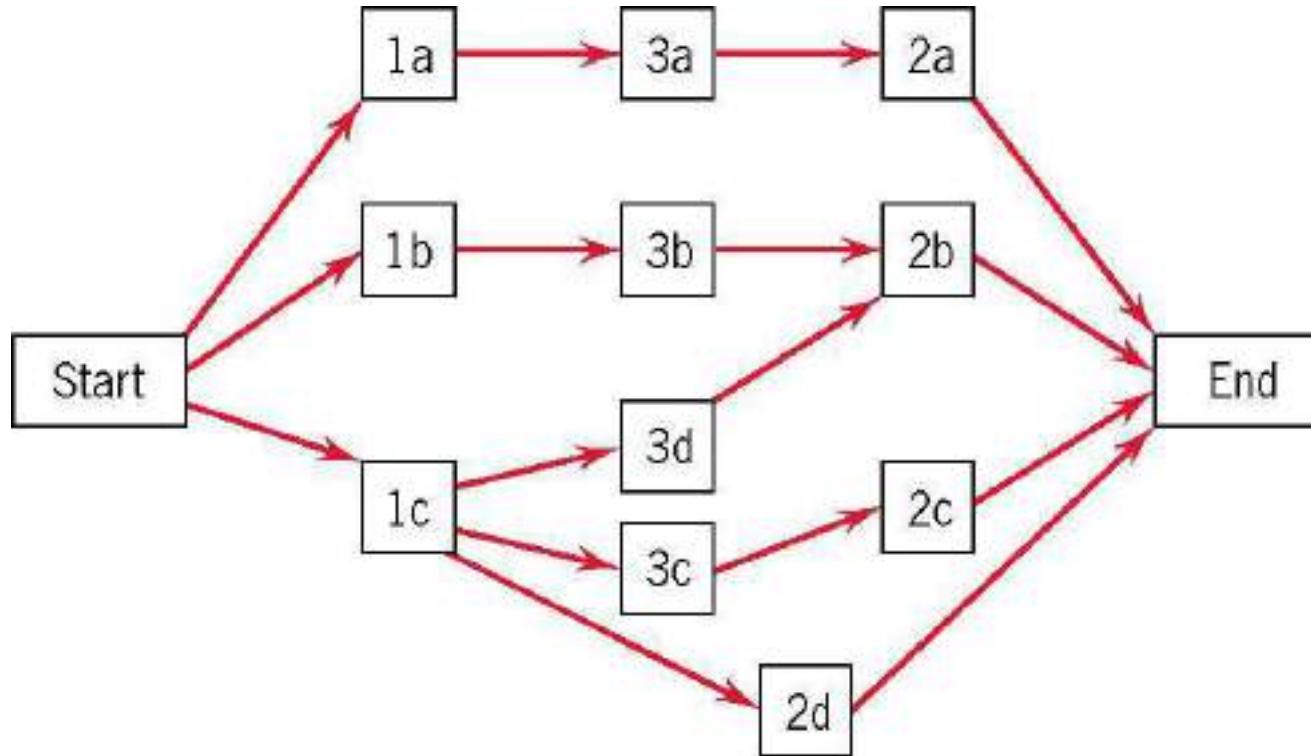
AON

Tre attività sequenziali



AON

Rete di attività di progetto



Critical Path Method (CPM)

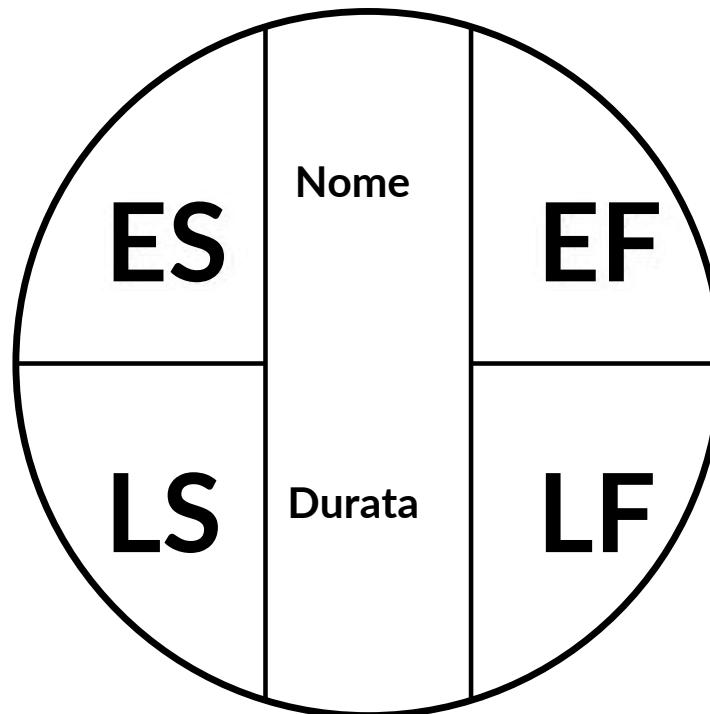
- Il CPM è una tecnica di rete utilizzata per prevedere la durata totale del progetto
- Un percorso critico di un progetto è la serie di attività che determina il tempo più lungo entro cui il progetto può essere completato
- Il percorso critico è il percorso con la minore quantità di margine totale (slack), pari a zero
- Il margine (slack) è la quantità di tempo in cui un'attività può essere ritardata senza ritardare un'attività successiva o la data di completamento del progetto

Calcolare il sentiero critico

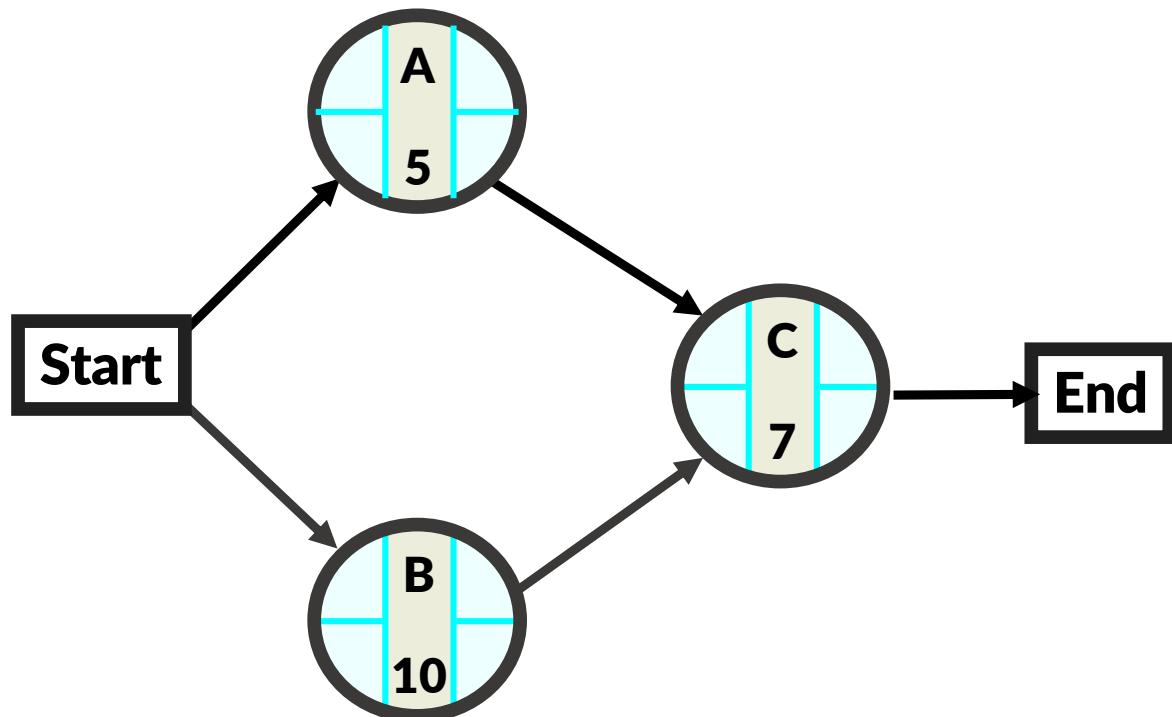
- 1) Sviluppare un **diagramma di rete adeguato**
- 2) Aggiungere a ogni nodo la **stima (certa)** della durata per quella attività, per ogni attività
- 3) Calcolare gli eventi: ES, EF, LS, LF
- 4) Calcolare gli slack
- 5) Il **sentiero più lungo** è quello **critico**
- 6) Se una o più attività sul sentiero critico richiedono più tempo del previsto, l'intero programma del progetto slitterà a meno che il project manager non intraprenda azioni correttive

nodo

Convenzione grafica di un singolo nodo



Disegnare la rete con sigle e durate



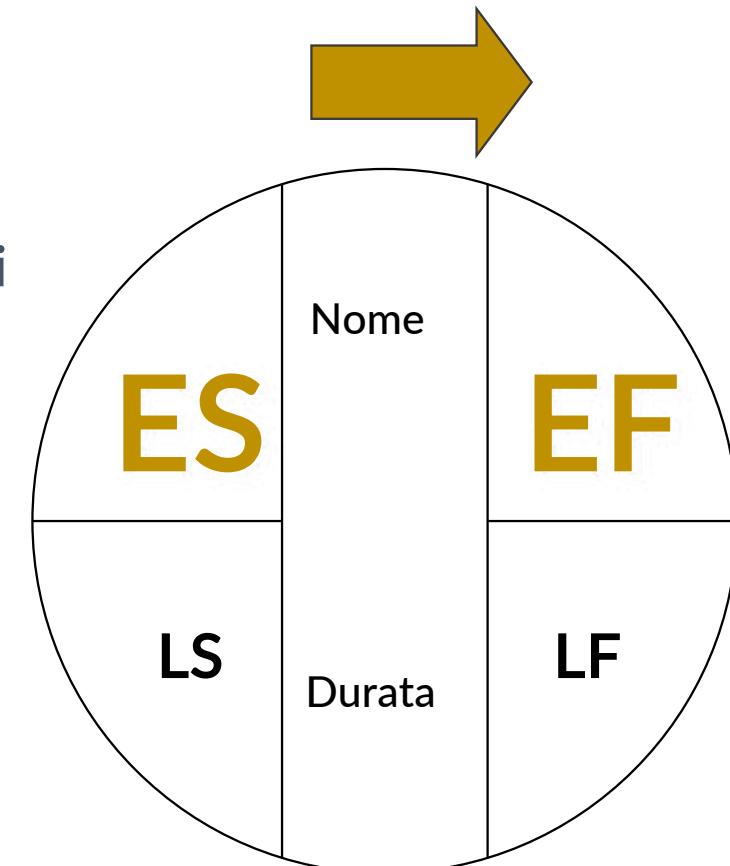
Attività	Durata	Prec.
A	5	-
B	10	-
C	7	A,B

Calcolo degli eventi: (a) passo in avanti

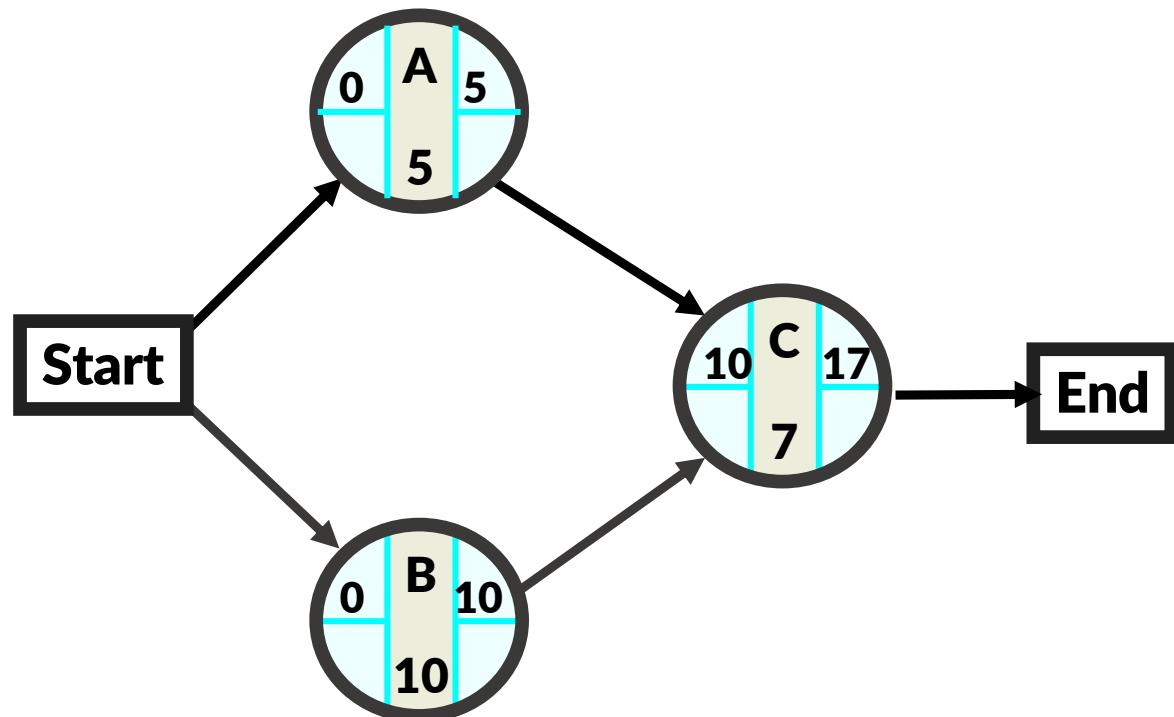
- Per determinare i tempi di inizio anticipato (ES) e fine anticipata (EF) per ogni attività:
 - Lavorare da sinistra a destra
 - Calcolare i tempi ES, EF in ogni percorso
 - Regola: quando più attività convergono, l'ES per l'attività successiva è il maggiore tra i tempi delle EF precedenti.

Earliest Start e Earliest Finish

- Inizia con lo start e procedi in avanti
- ES è pari a:
 - $ES = 0$ per le attività senza predecessori
 - Altrimenti, $ES = \text{massimo EF di tutti i predecessori}$
- EF è pari a:
 - $EF = ES + \text{durata}$



Calcolo di ES e EF



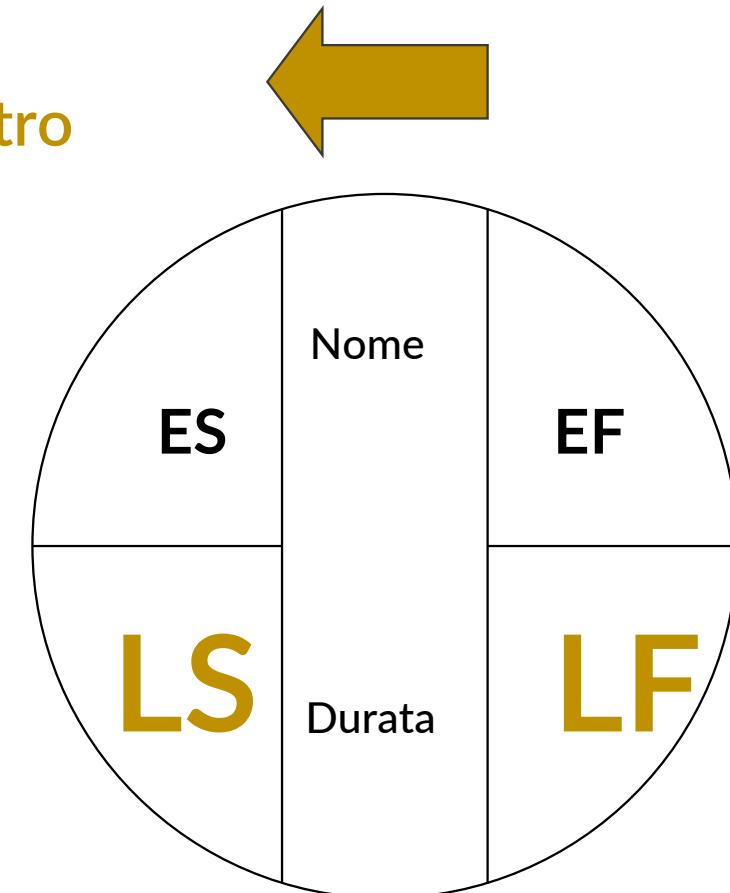
Attività	Durata	Prec.
A	5	-
B	10	-
C	7	A,B

Calcolo degli eventi: (b) passo indietro

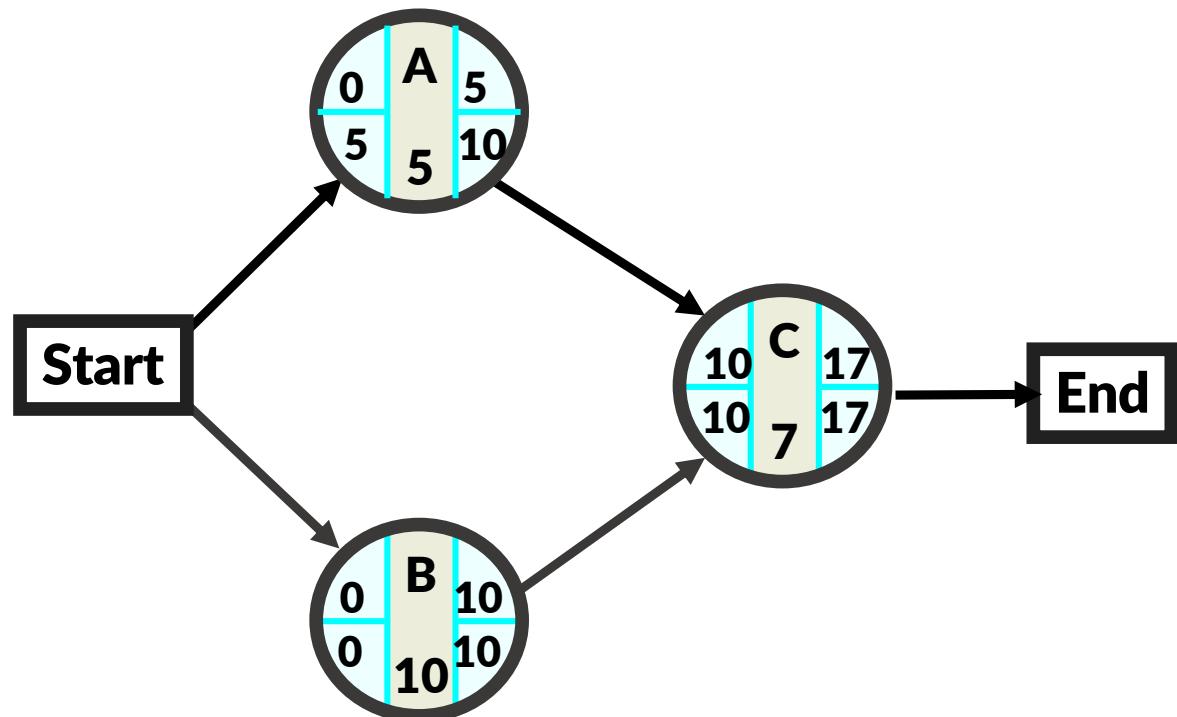
- Per determinare i tempi di fine più lontana (LF) e inizio più lontano (LS) per ogni attività
 - Lavorare da destra a sinistra
 - Aggiungere i tempi LF, LS in ogni percorso
 - Regola: quando più attività convergono, l'LF per l'attività precedente è il minimo dei tempi LS dei successori.

Latest Start e Latest Finish

- Inizia dall'ultimo nodo e lavora indietro
- Calcola la coppia di LF, LS
- LF è pari a:
 - LF = Massimo EF delle attività finali
 - LF = minimo LS di tutti i successori per le altre attività
- LS è pari a:
 - LS = LF – durata



Calcolo di LF e LS



Attività	Durata	Prec.
A	5	-
B	10	-
C	7	A,B

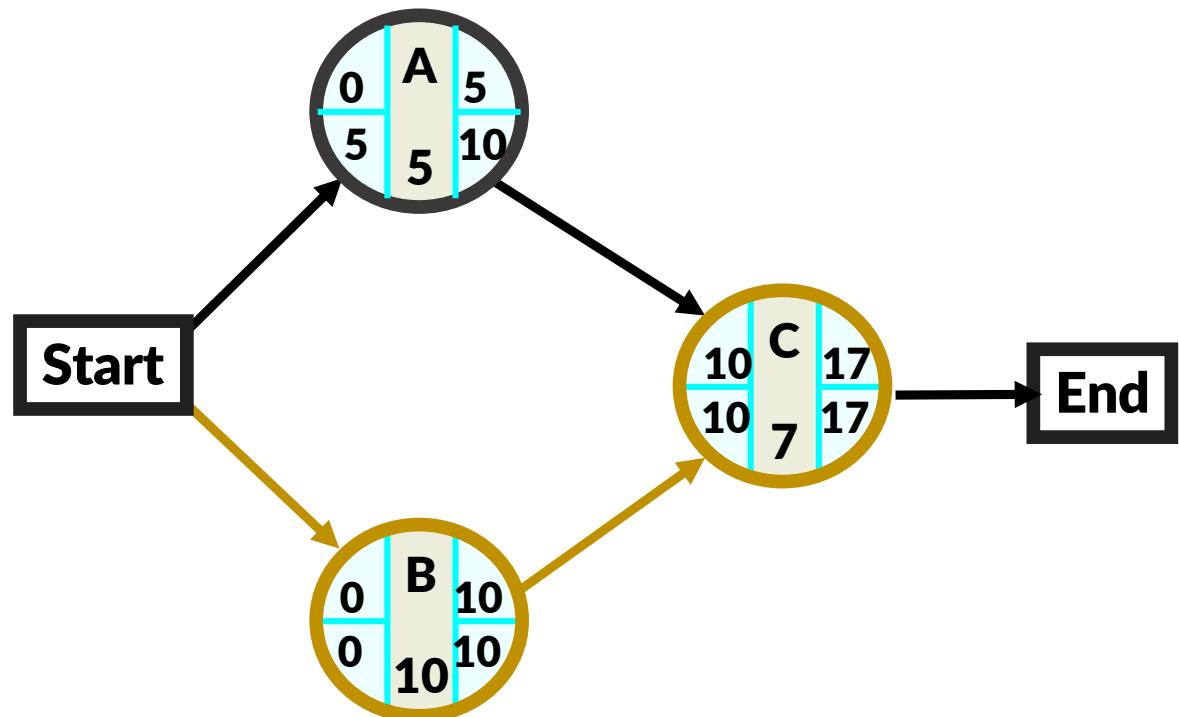
Calcolo degli slack

- Lo slack è il ritardo consentito per un'attività senza causare una violazione della scadenza del progetto e può essere calcolato come:

$$LF - EF = LS - ES$$

- NOTA: le attività con margine (slack) = 0 costituiscono il percorso critico; i ritardi in queste attività fanno ritardare il progetto

Calcolo degli slack



Attività	LF	EF	Slack.
A	10	5	5
B	10	10	0
C	17	17	0

Sentiero(i) critico(i)

- Un sentiero critico del progetto è un percorso composto da attività critiche del progetto.
- È importante ricordare che:
 - un progetto può avere più di un percorso critico,
 - qualsiasi percorso critico inizierà al nodo 1 e terminerà al nodo n e che
 - la somma delle durate delle attività che si trovano su un percorso critico è la durata del progetto.

Opportunità di intervento sul CP

- Riduzione della durata del progetto (crashing)
- Gestione del rischio e pianificazione delle contingenze
- Ottimizzazione dell'allocazione delle risorse
- Negoziazione con gli stakeholder (motivare durata/ritardi)
- Change management: impatto di variazioni sul CP
- Sviluppo di strategie di partnership e approvvigionamento

Bibliografia di massima (1)

APM (2000): APM Project Management Body of Knowledge.

Elton, J. and J. Roe (1998): "Bringing Discipline to Project Management," Harvard Business Review, 76, 153–159.

Freeman, R.E. 1984, Strategic Management: A stakeholder approach. Boston: Pitman.

Friedman, A.L. & Miles, S. 2002 Developing Stakeholder Theory. Journal of Management Studies, v 39, n 1, pp 1-21.

HBS, ed. (2004): Managing Projects Large and Small, Harvard Business School Pub.

IPMA (2015): IPMA Competence Baseline, version 4.

Jacobs, R. J. and R. B. Chase (2014): Operations and Supply Chain Management, McGraw-Hill, 14 ed.

Larson, E. W., & Gray, C. F. (2011). Project management: The managerial process. Boston: McGraw-Hill.

Bibliografia di massima (2)

Mitchell, R.K., Agle, B.R., & Wood, D.J. (1997) "Toward a Theory of Stakeholder Identification and Salience: Defining the Principle of Who and What Really Counts" *Academy of Management Review*, 22(4) pp. 853-886

Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2006). *Project management: A managerial approach*. Hoboken, NJ: John Wiley.

OGC (2009): *Managing successful projects with PRINCE2*, The Stationery Office.

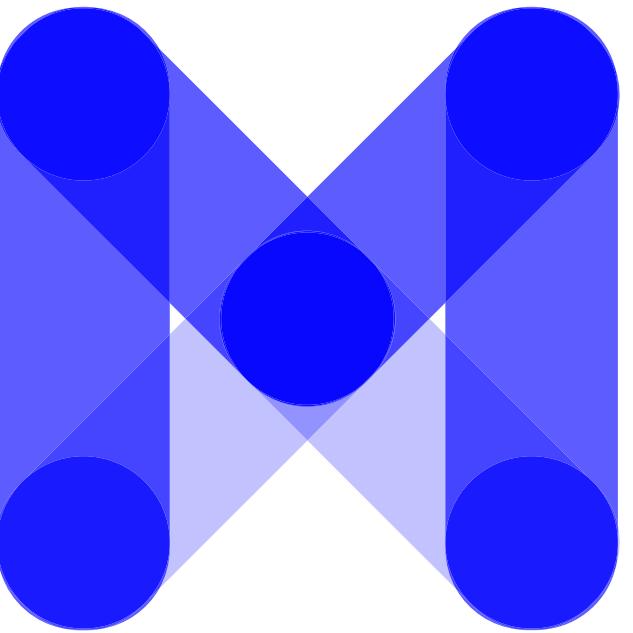
Project Management Institute (2013): *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute.

Project Management Institute (2019). *Practice standard for work breakdown structures*.

Randolph, W. A. and B. Z. Posner (1988): "What Every Manager Needs To Know About Project Management," *Sloan Management Review*, 29, 65–73.

Cause più frequenti di fallimento

- **Obiettivi e ambito (scope) poco chiari o mal definiti:**
 - Scarsa comprensione degli obiettivi; definizione vaga o ambigua dei deliverable; "Scope creep"
- **Coinvolgimento insufficiente degli stakeholder:**
 - Scarsa partecipazione attiva/commitment delle parti interessate; scarso allineamento delle aspettative
- **Pianificazione inadeguata:**
 - Stime irrealistiche di tempi e costi (sottostima di durate/costi); mancanza di una pianificazione dettagliata
- **Comunicazione carente o inefficace:**
 - Scarsa comunicazione trasparente e regolare tra team/stakeholder/management/clienti; conflitti da mancanza di feedback e condivisione di informazioni cruciali
- **Gestione delle risorse insufficiente o inadeguata:**
 - Scarsità di risorse/competenze qualificate/adeguate; allocazione inefficiente delle risorse; conflitti tra attività
- **Mancanza di leadership e supporto del management:**
 - PM con scarsa leadership; supporto inadeguato del management apicale; struttura di governance inadeguata.



EMBA

***EXECUTIVE MASTER IN
BUSINESS ADMINISTRATION***



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**



**UNIVERSITÀ
DI TRENTO**

Executive Master of Business Administration - EMBA Trento

OTTIMIZZAZIONE DEI PROCESSI (MODULO PLQ)

Prof. Giovanni Iacca

giovanni.iacca@unitn.it



**UNIVERSITÀ
DI TRENTO**
**Department of
Information Engineering and Computer Science**

Few words
about me

FEW WORDS ABOUT ME

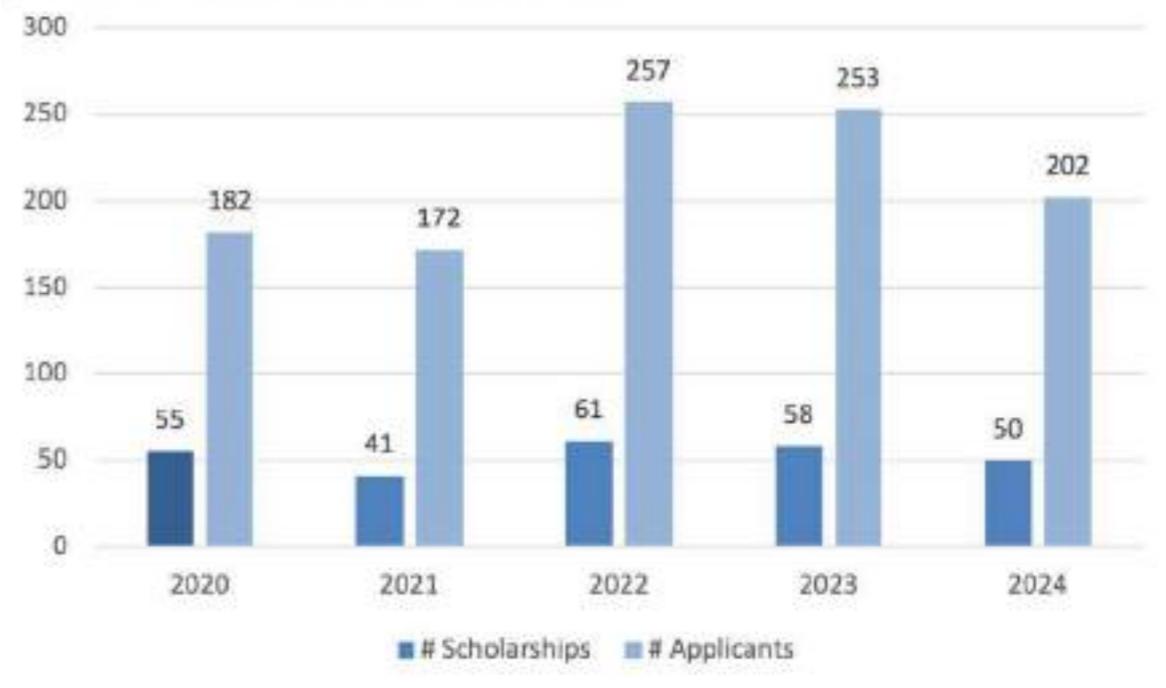
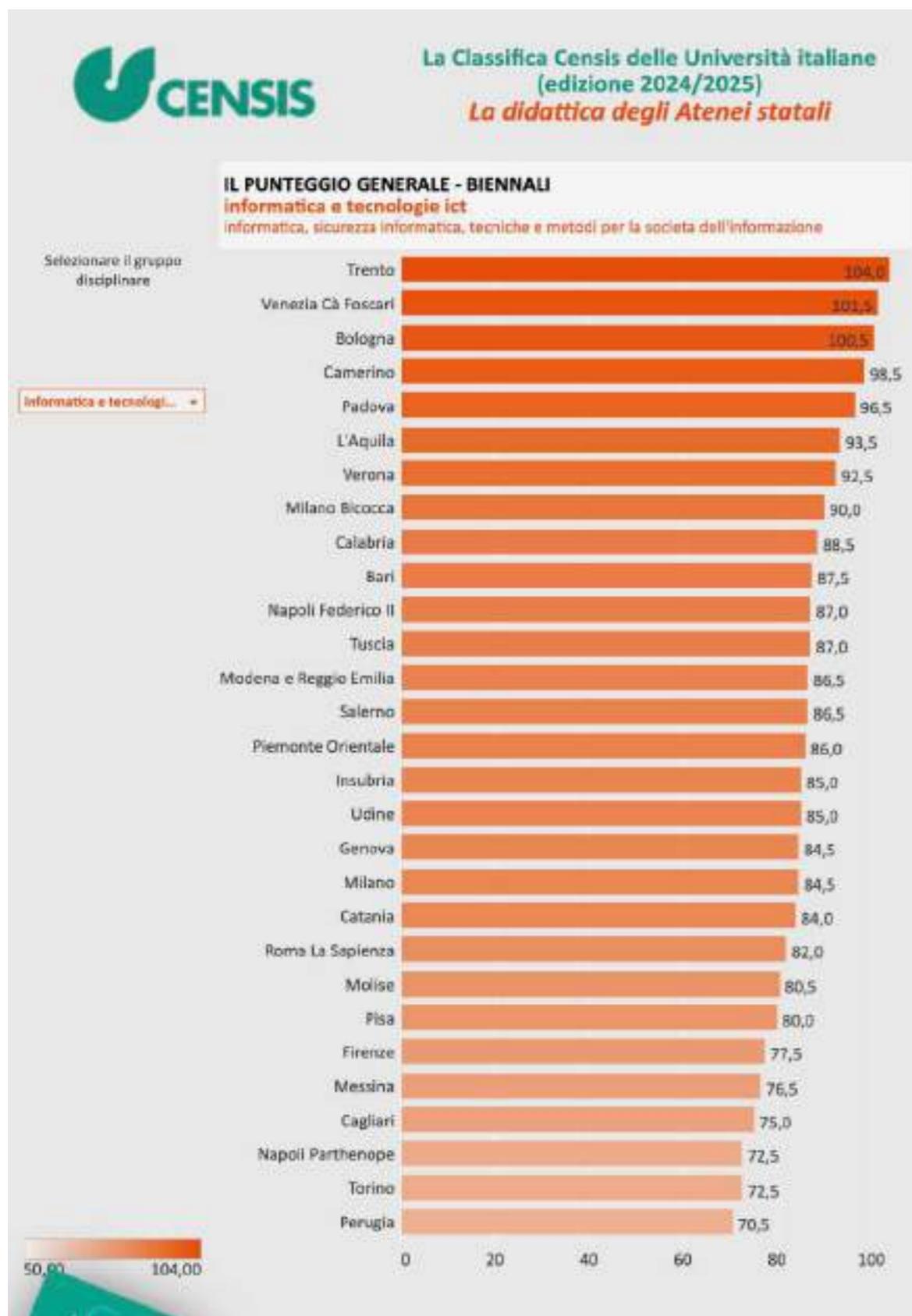
- **2011**

Ph.D. Mathematical Information Technology, University of Jyväskylä, Finland
- **2013-2018**

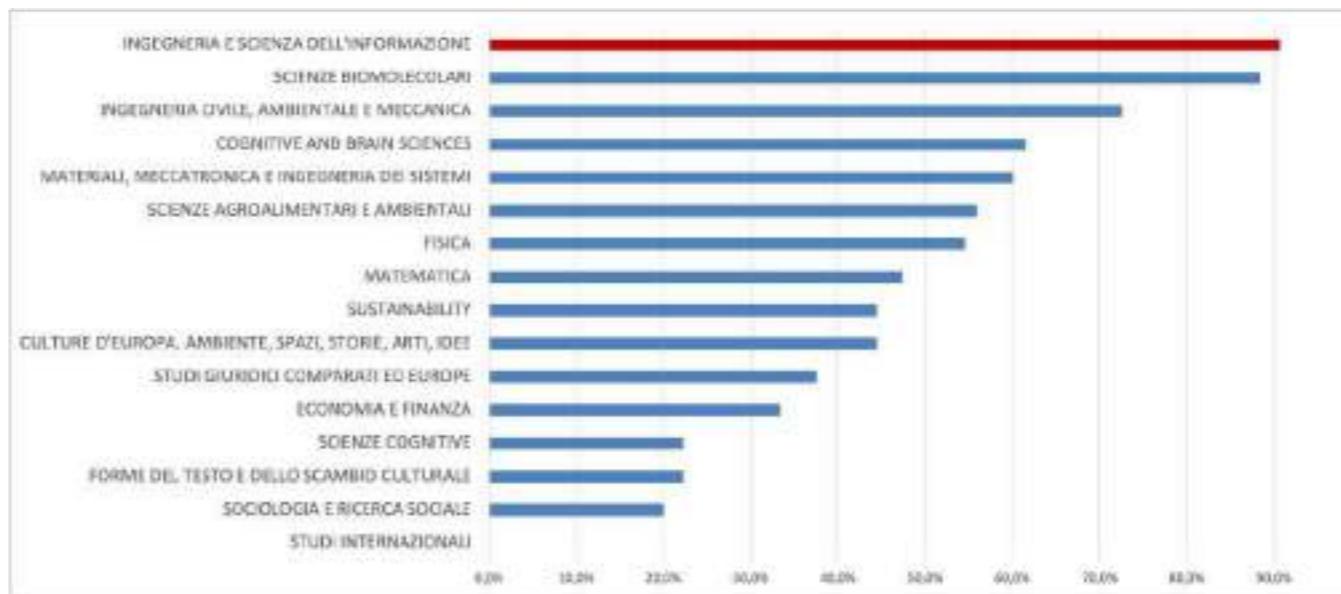
Postdoc at:
RWTH Aachen University, Germany
EPFL & University of Lausanne, Switzerland
INCAS3, The Netherlands
- **2011-2018**

Co-founder and Chief Scientific Officer, Cyber Dyne, Italy, 2011-2018 (now incorporated)
- **2018-present**
 - Associate Professor of Information Engineering, University of Trento
 - Coordinator of the Master's in Computer Science (top LM in ICT in Italy)
 - Deputy Coordinator of the Doctoral School in Information Engineering and Computer Science

FEW WORDS ABOUT ME



First Phd school for no. externally funded scholarships!



MY TEAM - EVOLUTIONARY LEARNING MACHINES

Current members

Postdocs

- Murat Taşkiran (visiting)

PhD students

- [Information Engineering and Computer Science Doctoral School](#)

- Elia Cunegatti
- Matteo Farina (co-supervised by Prof. [Elisa Ricci](#))
- Mir Hassan (co-supervised by Prof. [Kasim Sinan Yıldırım](#))
- Renan Beran Kılıç (co-supervised by Prof. [Kasim Sinan Yıldırım](#))
- Mátyás Vincze (co-supervised by Dr. Bruno Lepri)

- [Industrial Innovation Doctoral School](#)

- Giulia Buzzetti (co-supervised by Dr. Davide Zappetti @[EnchantedTools](#))
- Stefano Genetti
- Erik Nielsen
- Andrea De Antoni (executive PhD student, co-supervised by Dr. Matteo Rucco @[Biocentis](#) and Prof. [Andrea Pugliese](#))
- Stefano Giampiccolo (executive PhD student, co-supervised by Prof. Luca Marchetti @[COSBI](#))
- Carlo Zavattari (executive PhD student, co-supervised by Emanuele Corsi @[GlobalWafers](#))

- [National Ph.D. in Artificial Intelligence for Society](#)

- Chiara Camilla Rambaldi Migliore (co-supervised by Prof. [Marco Roveri](#))
- Michele Rossi (co-supervised by Prof. [Luca Turchet](#))

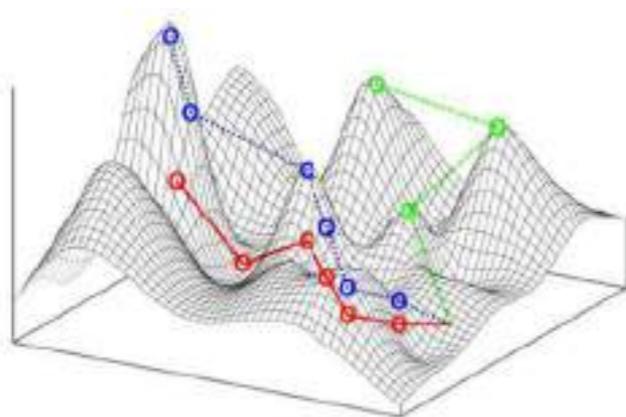
Research Assistants

- Quintino Francesco Lotito
- Xi Han (co-supervised by Prof. [Libertario Demi](#))

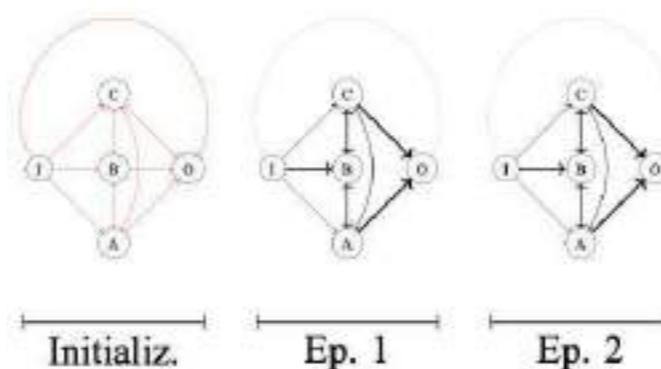


Currently hosting
12 Masters' students
2 Bachelor's students

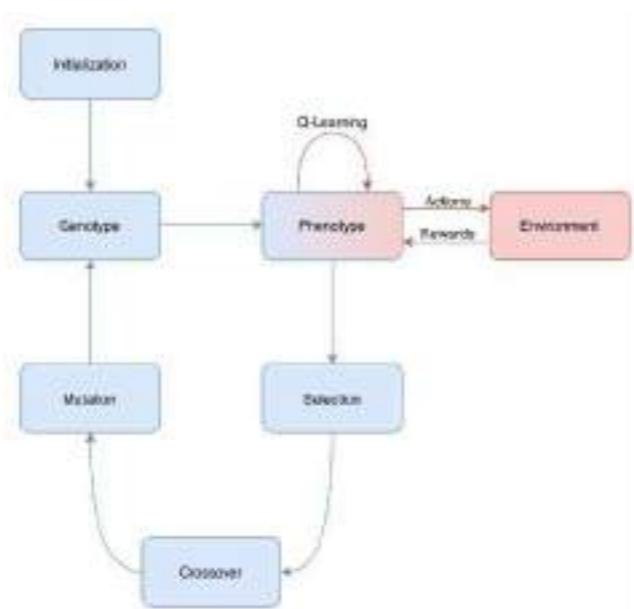
RESEARCH - DIRECTIONS



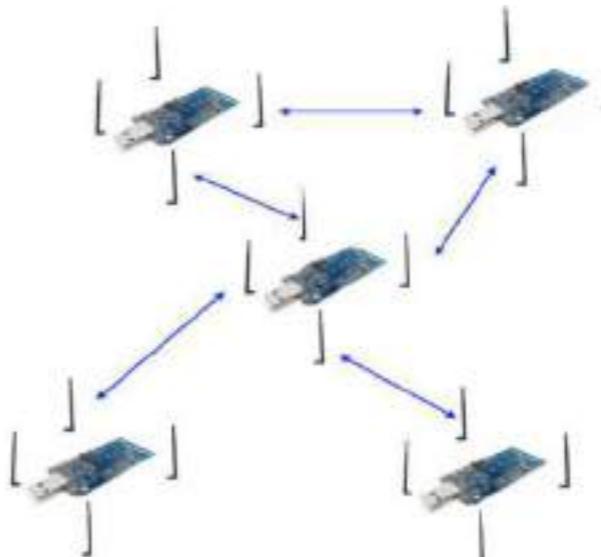
Evolutionary computation



Evolutionary learning

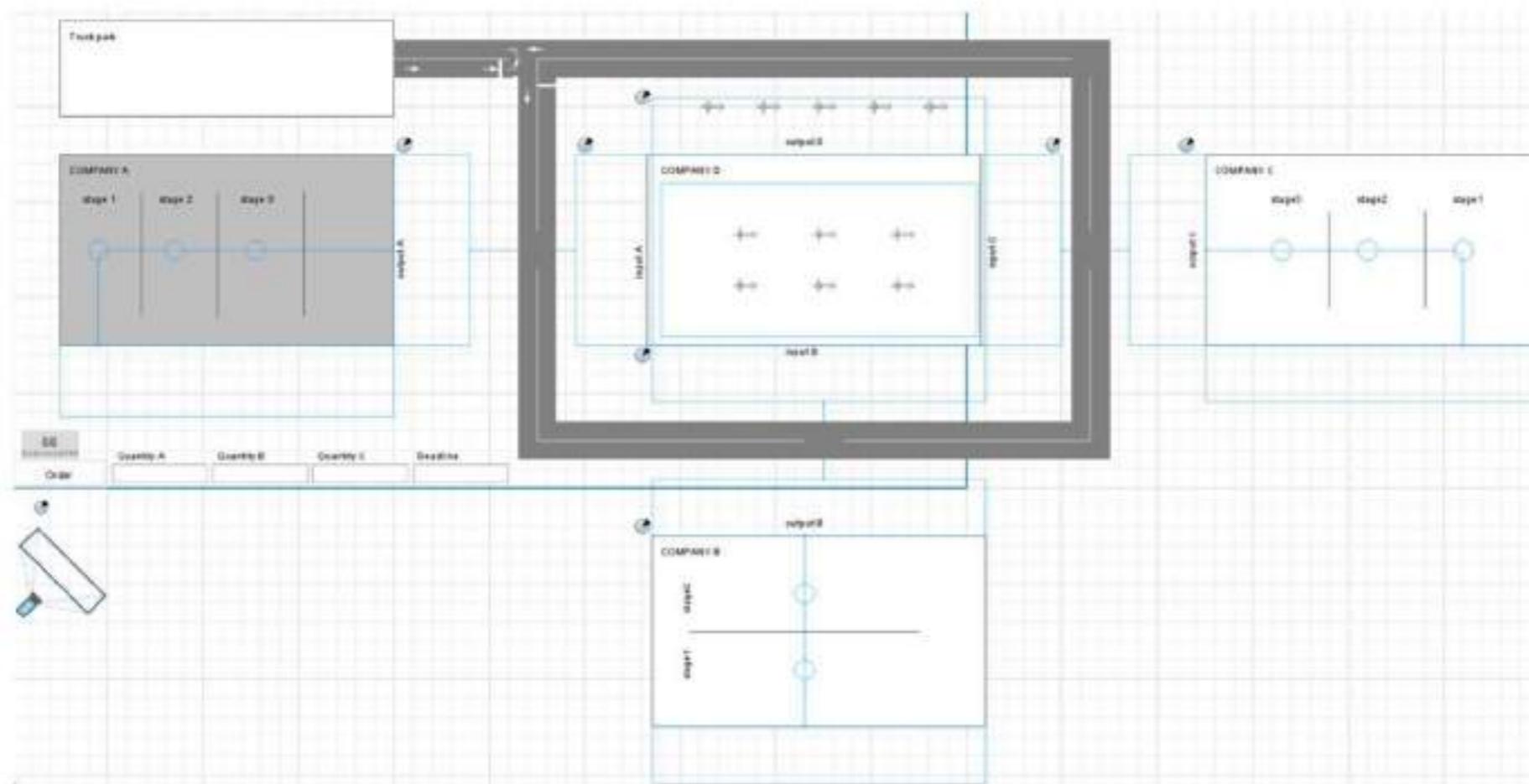
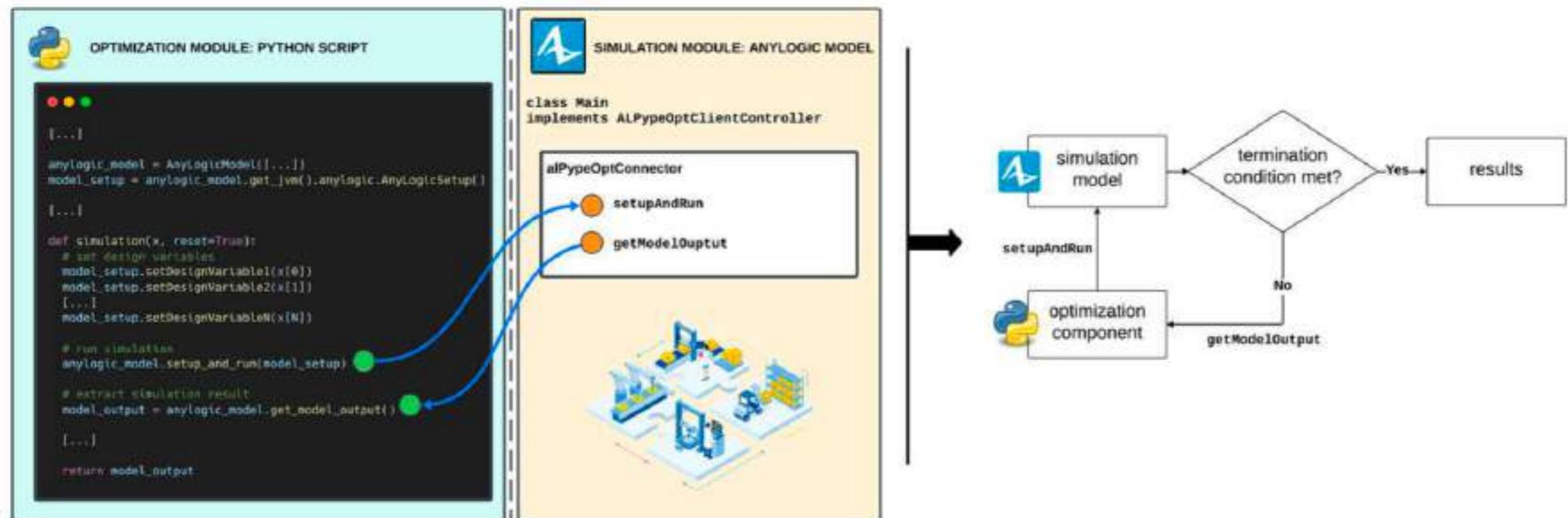


Evolutionary Interpretable AI



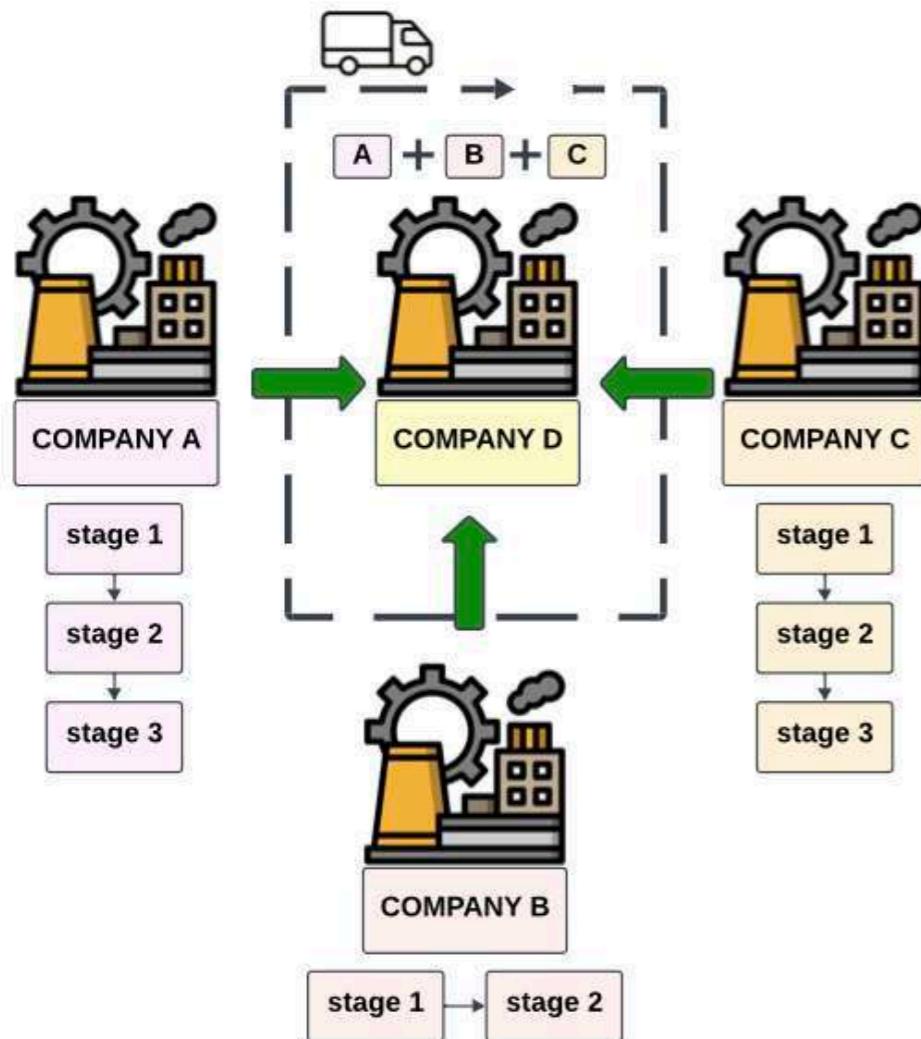
Evolution on distributed systems

RECENT WORKS ON PROCESS OPTIMIZATION



RECENT WORKS ON PROCESS OPTIMIZATION

MAKE OR BUY PROBLEM



📌 **Task:** Determine which orders to produce internally and which to outsource to maximize total revenue R .

schedule-as-a-whole approaches

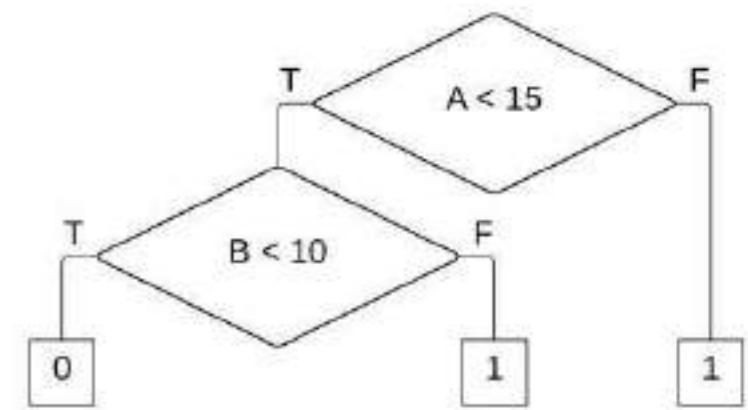
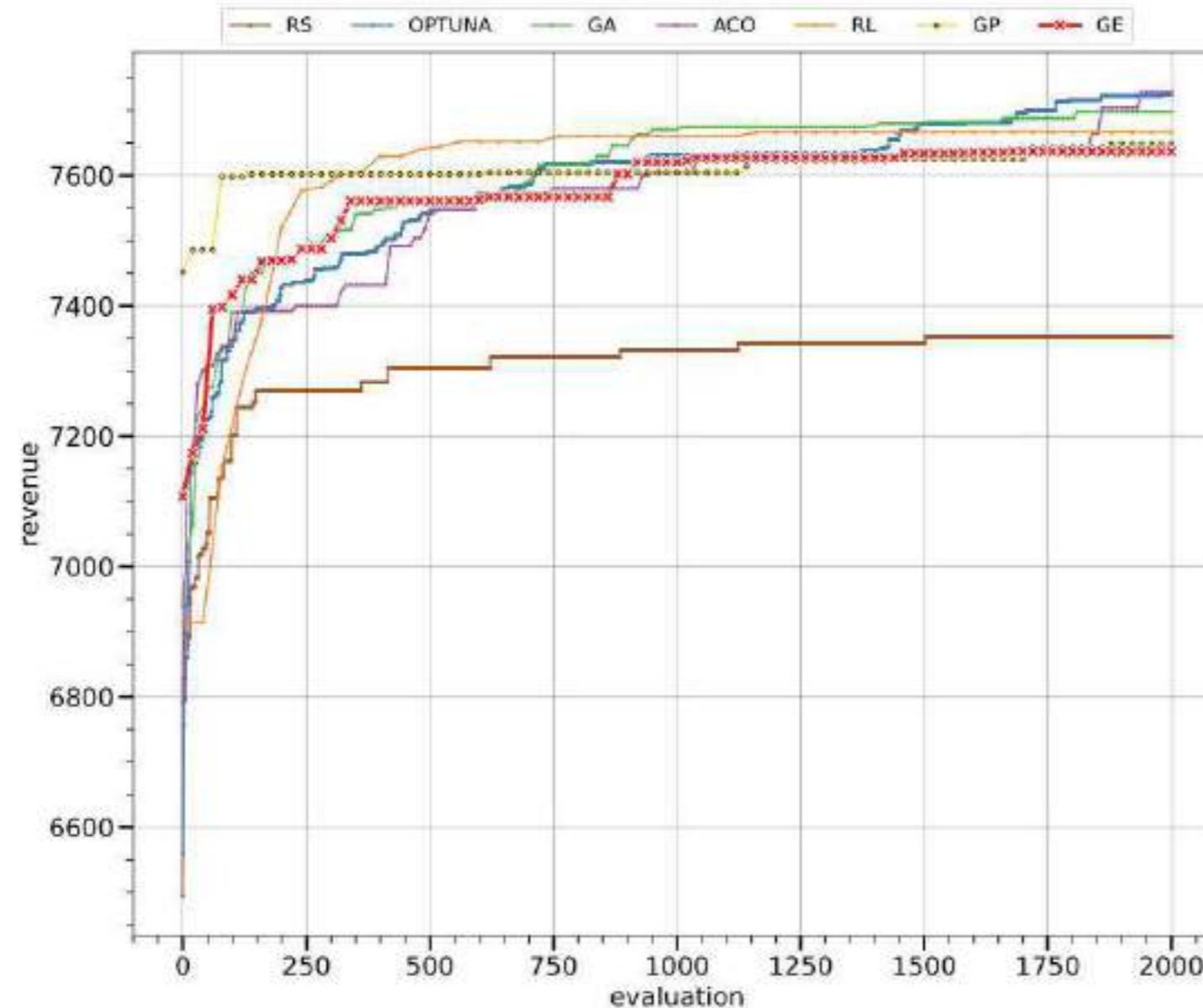
- ▶ Random search (RANDOM)
- ▶ Optuna (OPTUNA)
- ▶ Genetic algorithm (GA)
- ▶ Ant colony optimization (ACO)

policy-generating approaches

- ▶ Reinforcement learning (RL)
- ▶ Genetic programming (GP)
- ▶ Grammatical evolution (GE)

RECENT WORKS ON PROCESS OPTIMIZATION

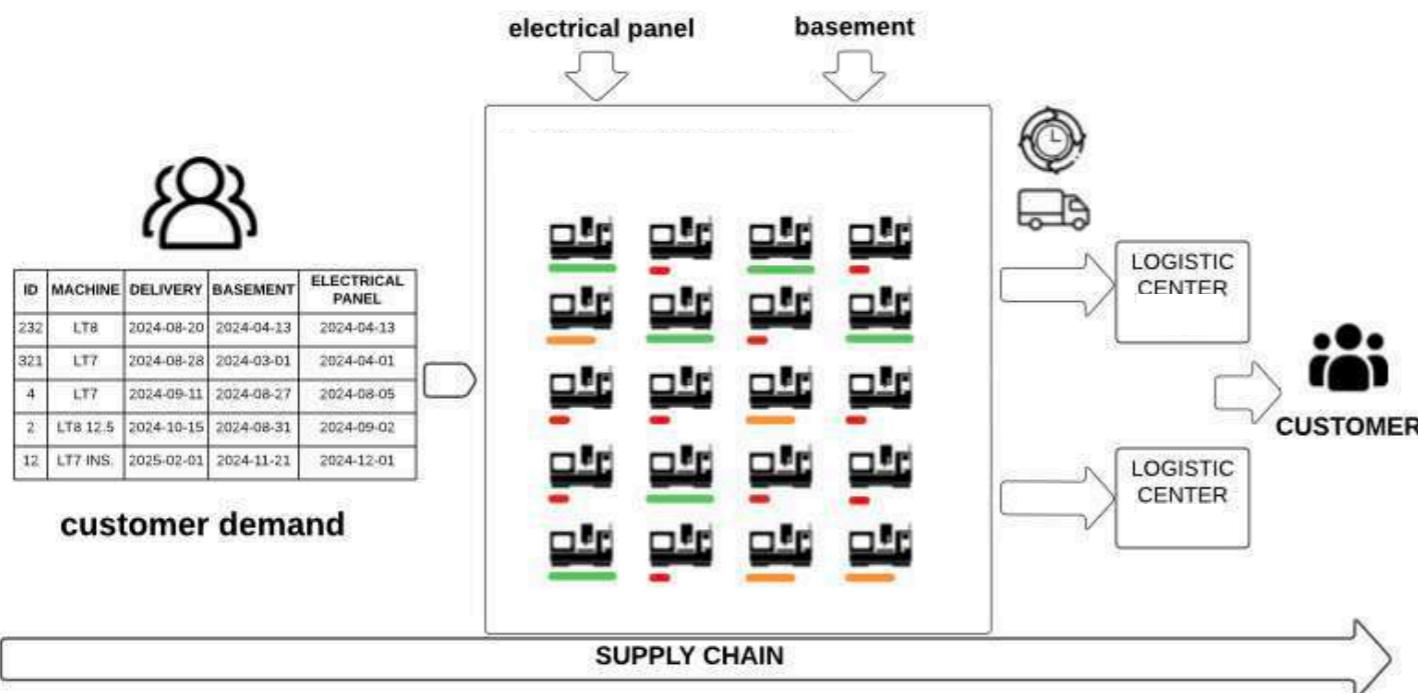
MAKE OR BUY PROBLEM



The interpretable decision tree produced by GE that achieved the highest revenue R .

RECENT WORKS ON PROCESS OPTIMIZATION

HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING



📌 **Task:** Optimize the schedule to minimize makespan while considering processing time constraints and human resource availability.

schedule-as-a-whole approaches

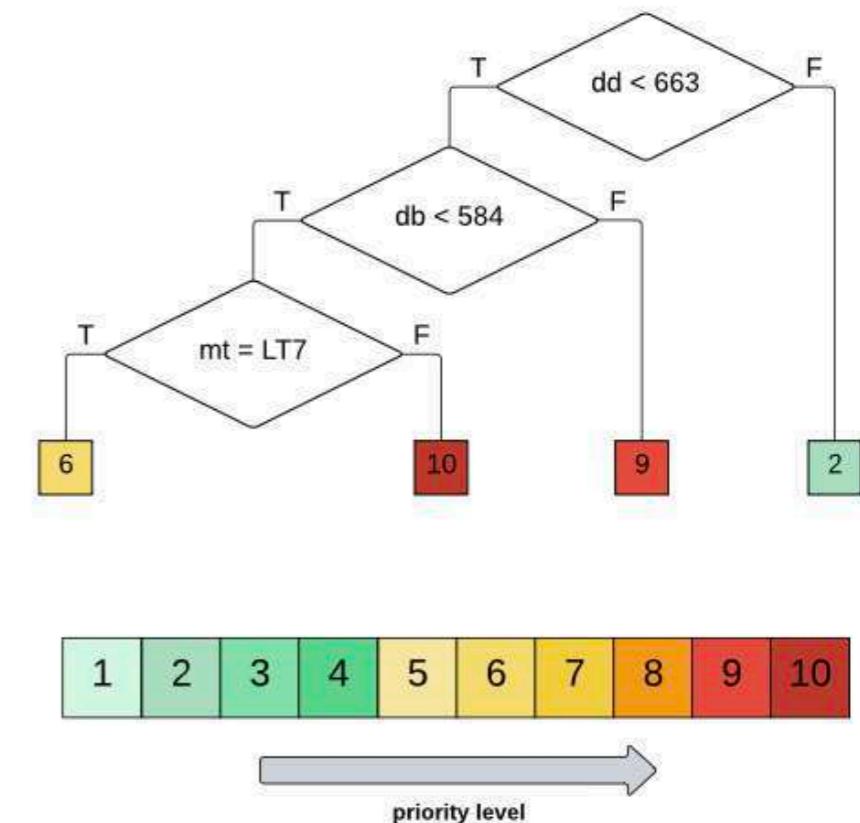
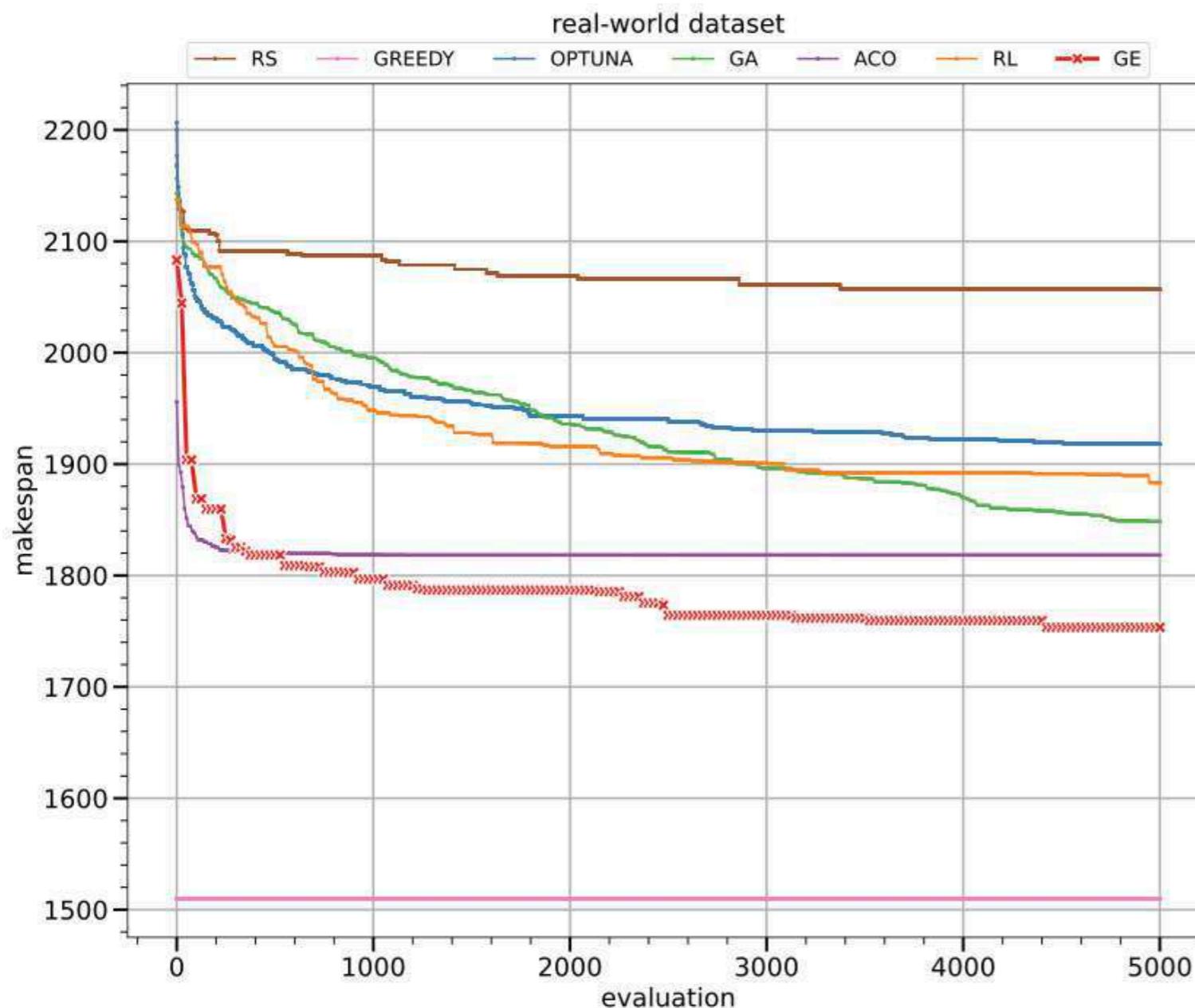
- ▶ Random search (RANDOM)
- ▶ Greedy heuristic (GREEDY)
- ▶ Optuna (OPTUNA)
- ▶ Genetic algorithm (GA)
- ▶ Ant colony optimization (ACO)

policy-generating approaches

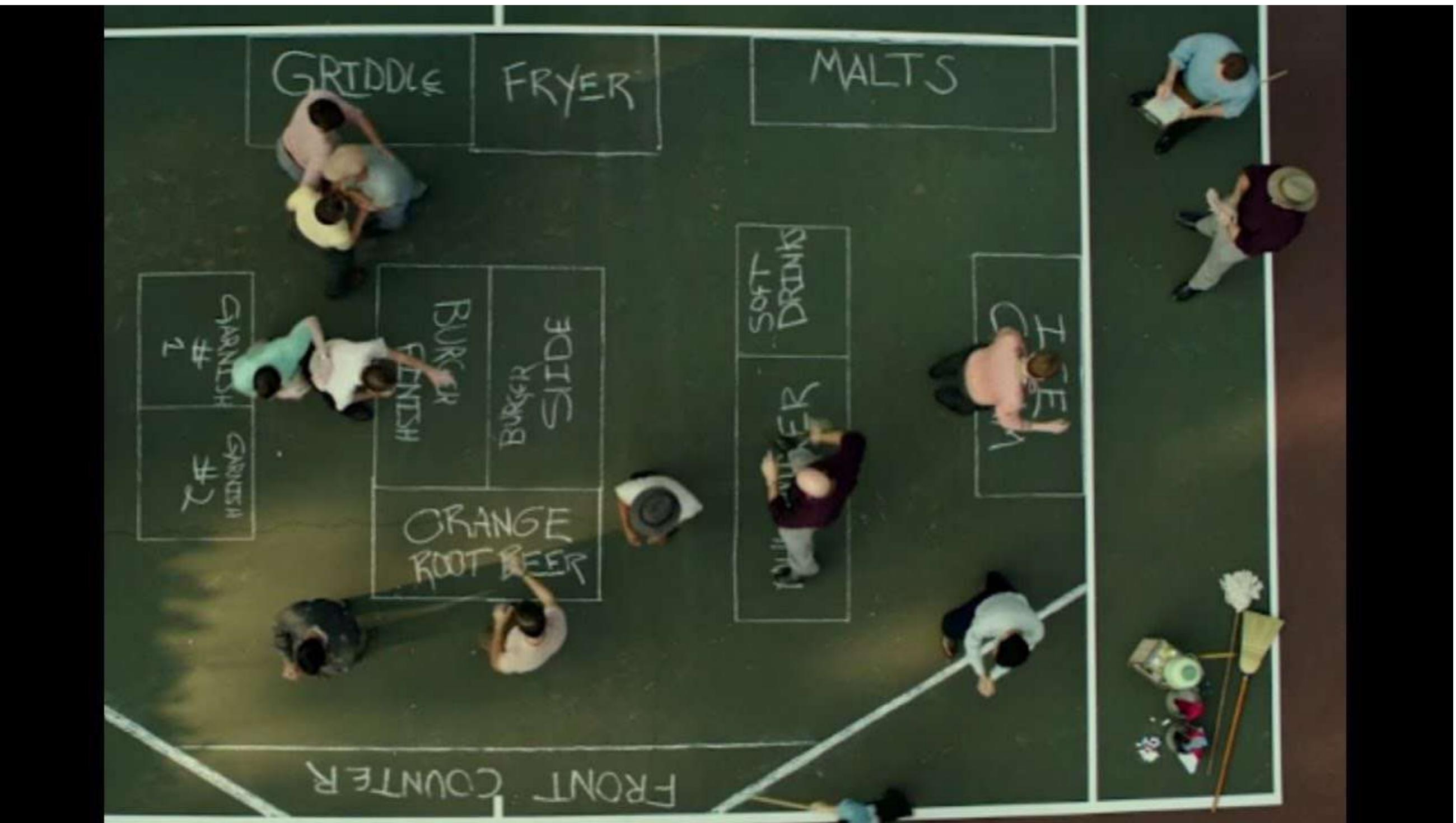
- ▶ Reinforcement learning (RL)
- ▶ Grammatical evolution (GE)

RECENT WORKS ON PROCESS OPTIMIZATION

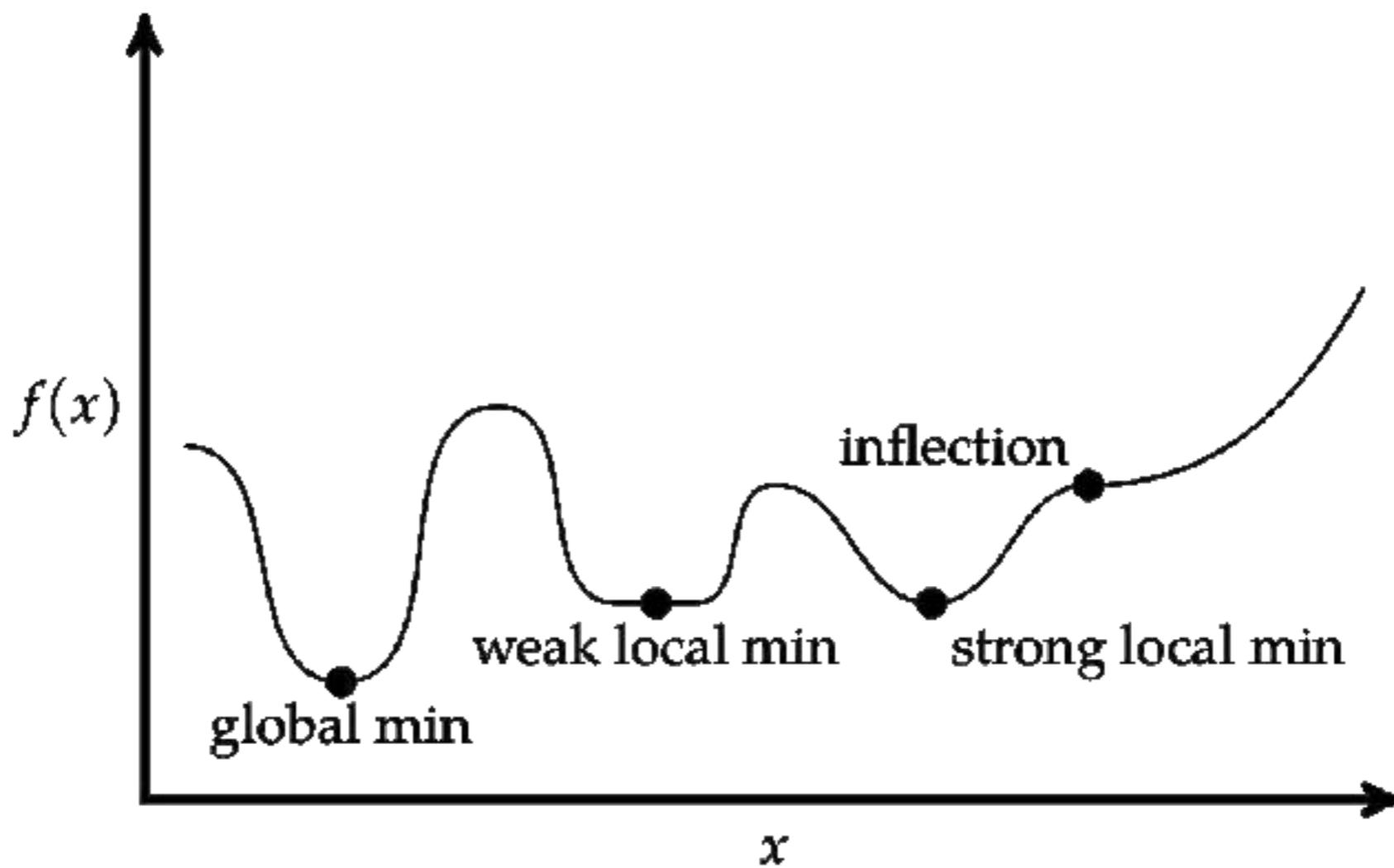
HYBRID FLOW SHOP SCHEDULING



The interpretable decision tree produced by GE that achieved the smallest makspan.



Optimization: basic concepts



OPTIMIZATION

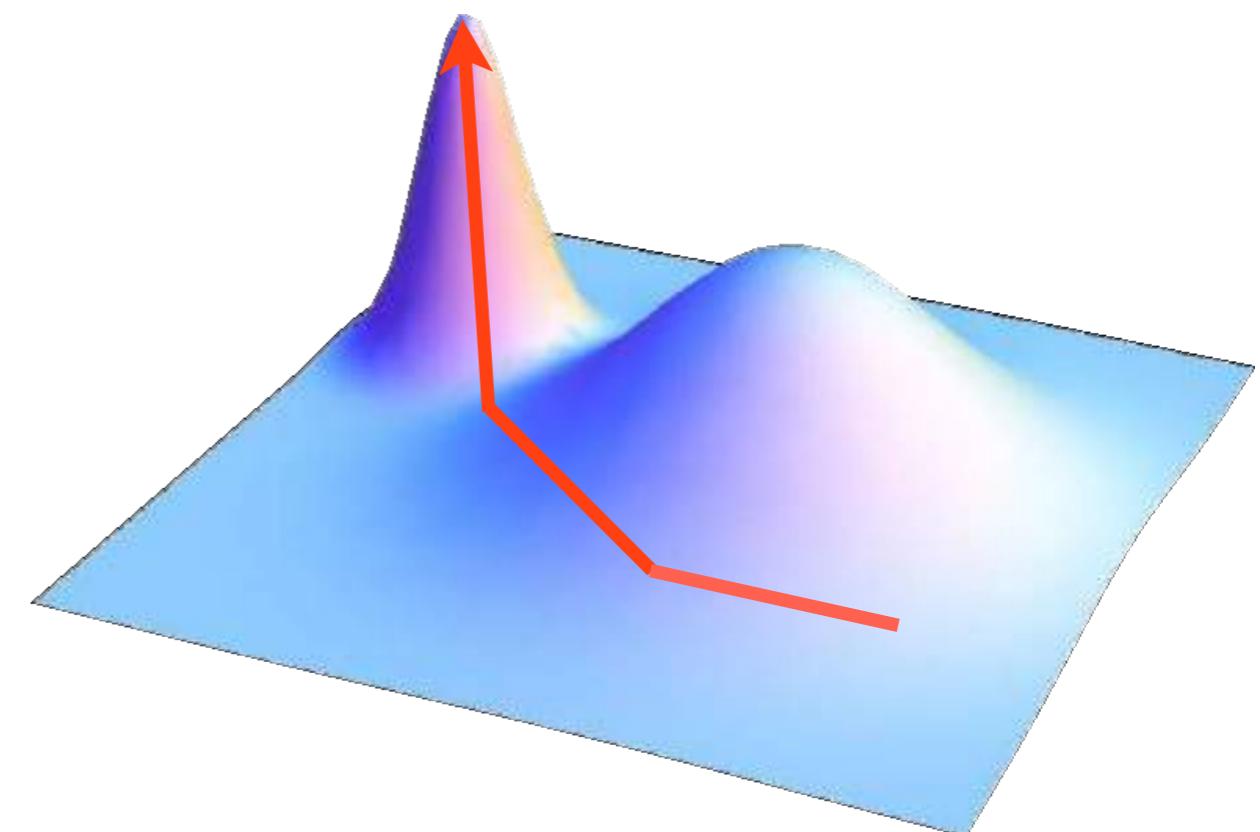
WHAT IS OPTIMIZATION?

Solving an optimization problem = finding the minimum/maximum of one/more objective functions

$$\begin{array}{ll}\text{find } x^* & \exists f(x^*) = \min_{x \in D} \{f(x)\} \\ \text{s.t:} & \left\{ \begin{array}{ll} g_j(x) \leq 0 & j = 1, 2, \dots, j_{max} \\ h_k(x) = 0 & k = 1, 2, \dots, k_{max} \end{array} \right.\end{array}$$

$$f(x) = \begin{cases} f_1(x) & : D \rightarrow F_1 \\ f_2(x) & : D \rightarrow F_2 \\ \dots \\ f_m(x) & : D \rightarrow F_m \end{cases}$$

- Decision (design) variables:
 $x = [x(1), x(2), \dots, x(n)]$
- Objective function(s): $f(x)$
- Decision (design, search, solution) space: D
- Constraints: $g(x)$ and $h(x)$
- (Global/local) optimum: x^*

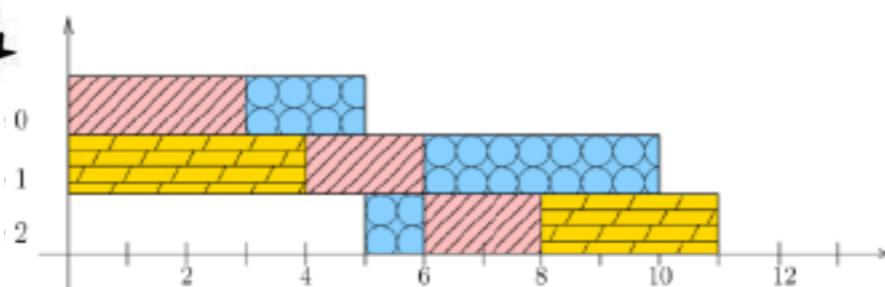
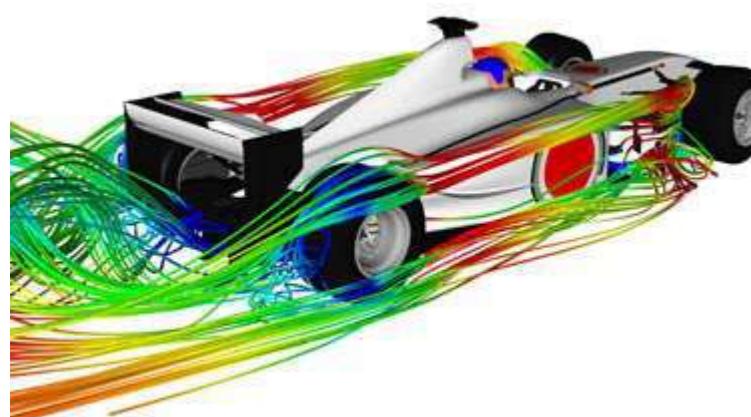
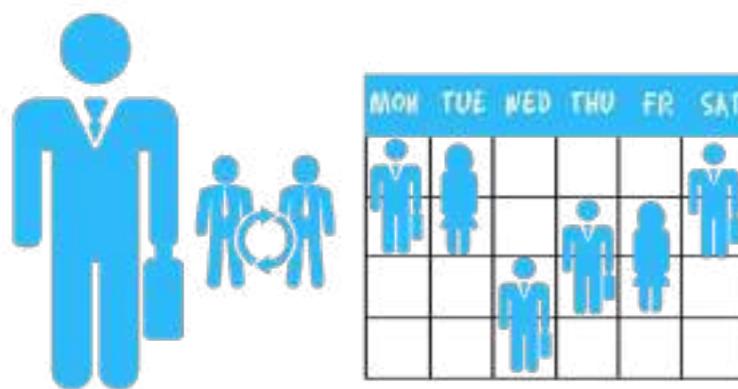
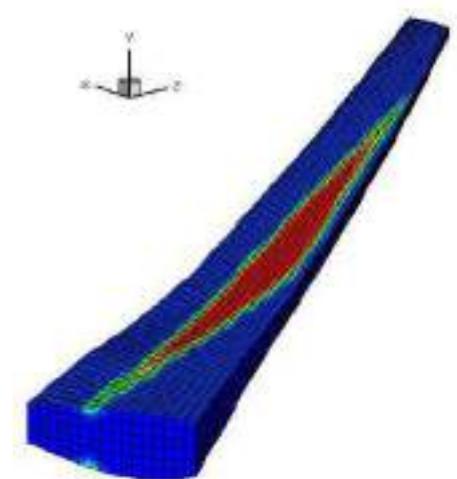
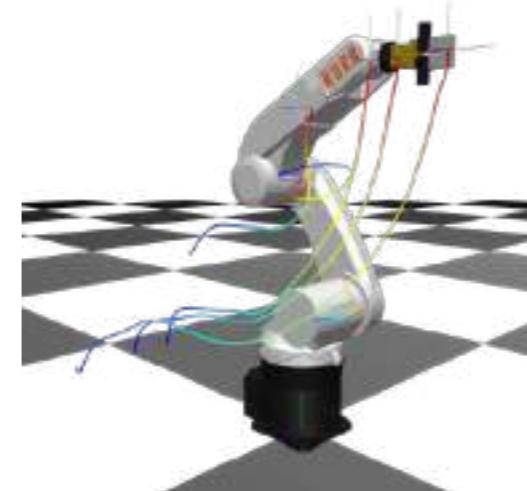


IMPORTANT NOTE

$\text{minimize } f(x) = \text{maximize } -f(x)$

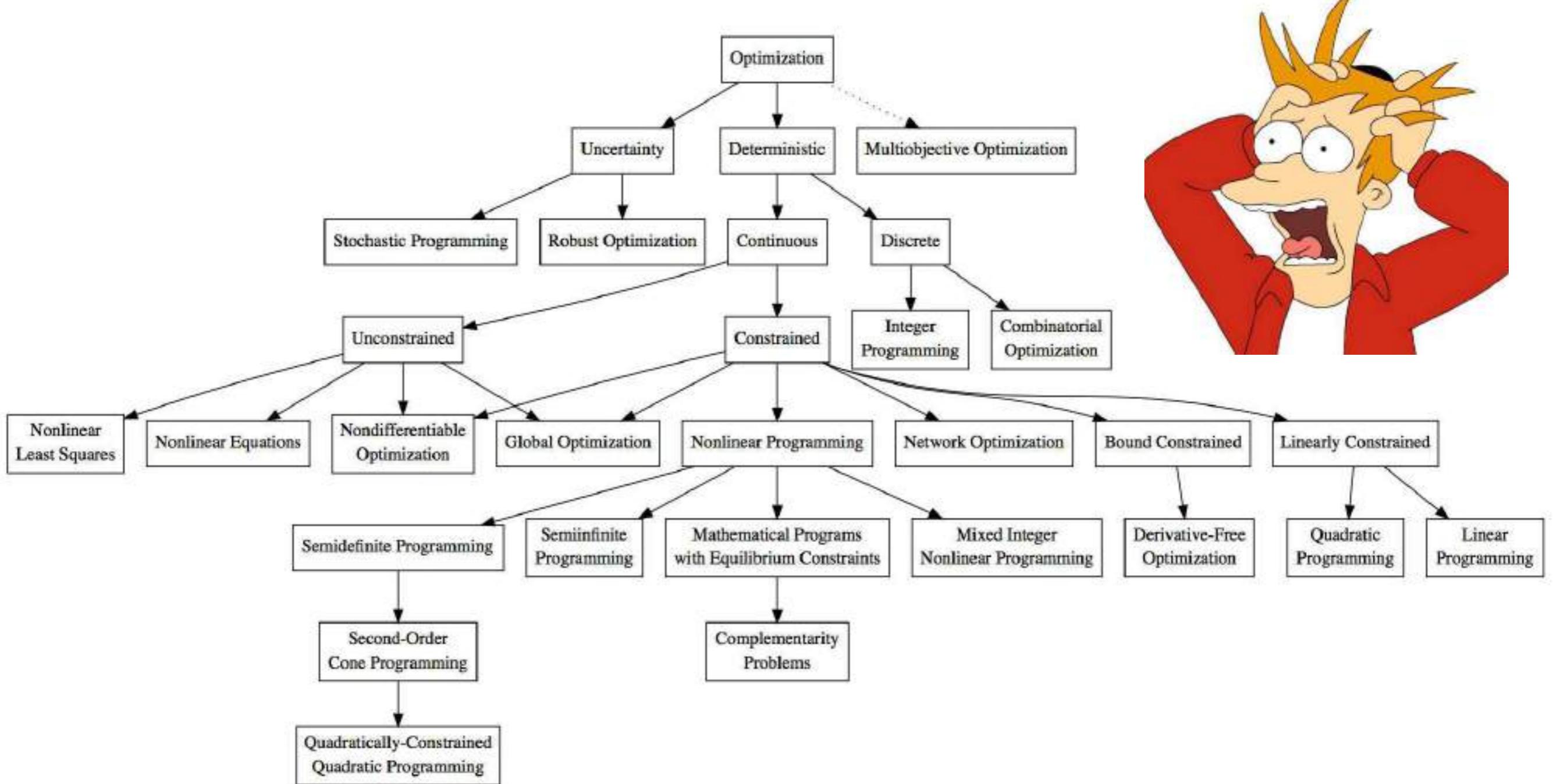
OPTIMIZATION

OPTIMIZATION IS “EVERYWHERE”



OPTIMIZATION

A LOT OF OPTIMIZATION PROBLEMS AND METHODS!



OPTIMIZATION

A LOT OF OPTIMIZATION PROBLEMS AND METHODS!

- **Continuous vs Combinatorial (Discrete) Optimization**

Depending on continuous/discrete decision variables.

- **Linear vs Nonlinear Optimization**

Depending on linear/nonlinear objective functions.

- **Single vs Multi-Objective Optimization**

Depending on one or more (usually, 2) objective functions.

- **Constrained vs Unconstrained Optimization**

Depending on the presence/absence of constraints (but, still subject to boundary constraints).

- **Stochastic/Dynamic vs Noiseless/Stationary Optimization**

Depending on the presence of noise or time-dependency on any of the problem component (decision variable, objective function, constraints).



OPTIMIZATION

IT'S A HARD LIFE

- Optimization problems can be relatively “easy” to formulate, but very hard to solve, especially in complex applications with many variables. In fact, some features characterizing the problem can make it extremely challenging. For instance:
 - High **non-linearities** (optima are not on the constraint boundaries)
 - High **multimodality** (many local optima)
 - **Noisy objective function** (robust optimization is needed)
 - **Approximated objective function** (approximation errors must be accounted for)
- Computationally expensive problems
 - **Computationally expensive function** (e.g. long FEM/CFD simulations)
 - **Large-scale problems** (“needle in a haystack”)
 - **Limited hardware** (drones, embedded systems, etc.)



www.jayson.co.uk

OPTIMIZATION

ARE WE HUMANS ABLE TO OPTIMIZE?

- “Algorithm”: a human being chooses the points to evaluate.
- Practically considerations
 - Humans sometimes accumulate unique experience/domain knowledge
 - But:
 - Slow reaction time
 - Biases
 - We are bad at dealing with more than 1 or 2 dimensions (usually perform 1D search)



OPTIMIZATION

IT'S A HARD LIFE

That's why it's important:

1. To understand what kind of problems we are dealing with
 - What kind of objective function do we have it? Do we know its properties?
 - What kind of constraints do we have it (if any)?
 - What kind of decision variables do we have it (how many)?
 - Etc.
2. To choose the right optimization algorithm for that problem, e.g.:
 - Gradient-based or gradient-free?
 - Local or global search?
 - Single or multi-objective?
 - Constraint or unconstrained?
 - Do we have computational constraints?
 - Etc.

OPTIMIZATION

A WARNING

- No free lunch theorem by Wolpert and Macready (1997).
- Loosely speaking: there is no reason to prefer one algorithm over another, unless we know something regarding the probability distribution over the space of possible objective functions.
- In particular, if one algorithm performs better than another on one class of problems, it will perform worse on another class of problems.
- More rigorously, for a given pair of algorithms A and B:

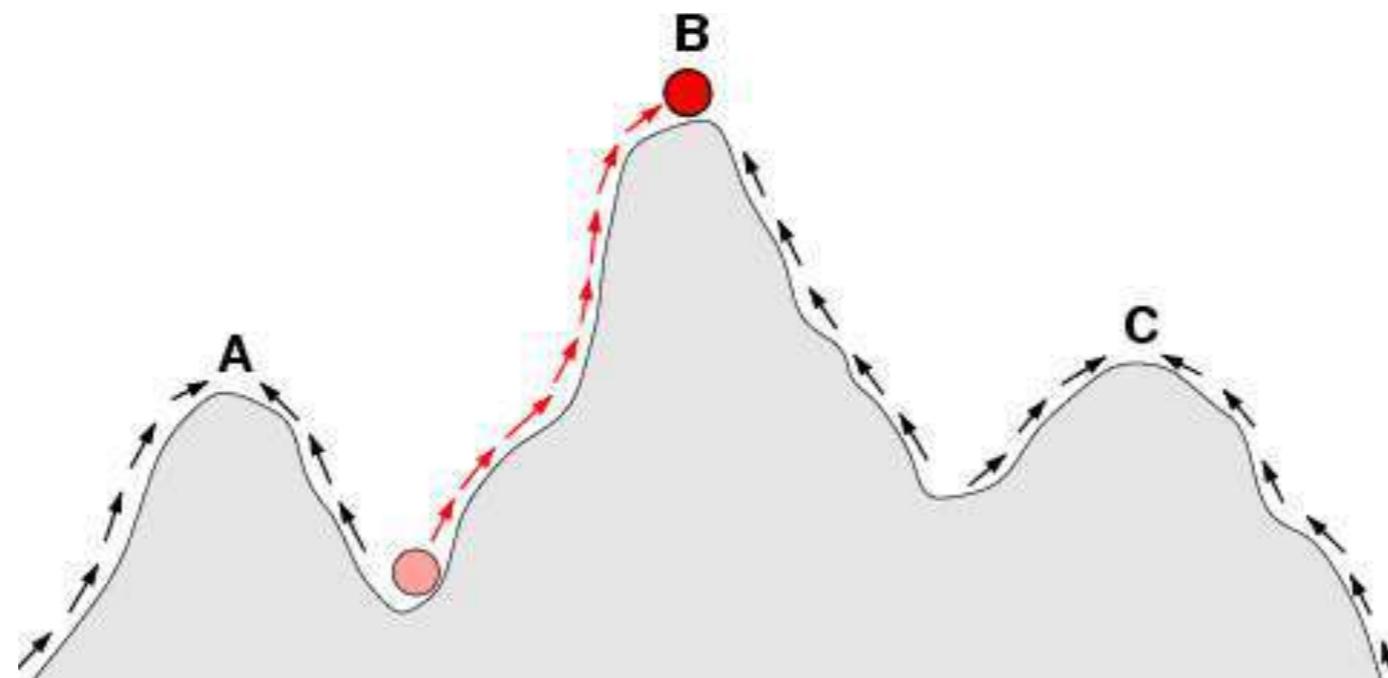
$$\sum_f P(x_m|f, A) = \sum_f P(x_m|f, B)$$

where $P(x_m|f,A)$ is the probability that algorithm A detects the optimal solution x_m for a generic objective function f and $P(x_m|f,B)$ is the analogue probability for algorithm B.



- The performance of every pair of algorithms over all possible problems is the same.

Let's begin!



BASIC OPTIMIZATION ALGORITHMS

GRID SEARCH

Problems

- (Exhaustive) grid search can be very expensive
 - Combinatorial explosion! The more parameters we have, the larger the grid.
 - What if every solution in the grid is computationally expensive to evaluate? E.g., run a computationally expensive simulation for each possible solution to the problem at hand.
- What about continuous parameters?
 - We may easily miss the optimum!
 - We need to discretize the parameters (important to set the right tolerance).
 - Do we really know the right boundaries?
- Grid search is “uninformed”: it does not use information from the search process to move towards the most promising search directions.

BASIC OPTIMIZATION ALGORITHMS

RANDOM SEARCH

Main differences w.r.t. grid search

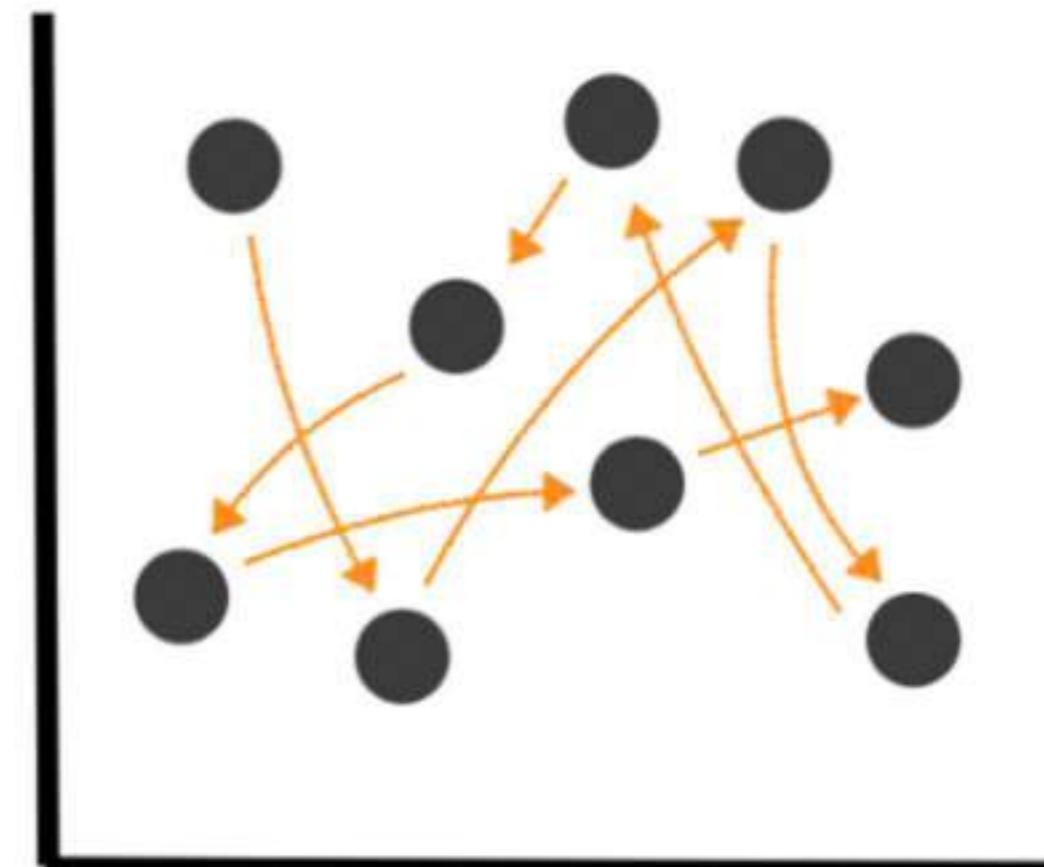
- You are unlikely to keep completely missing the “good area” for a long time when randomly picking new spots.
- A grid search may spend lots of time in a “bad area” as it covers exhaustively (however, this may happen also in random search).
- A sampling methodology is needed (e.g. uniform).

As for grid search:

- Also random search is “uninformed”
- Evaluations can be parallelized

NOTE

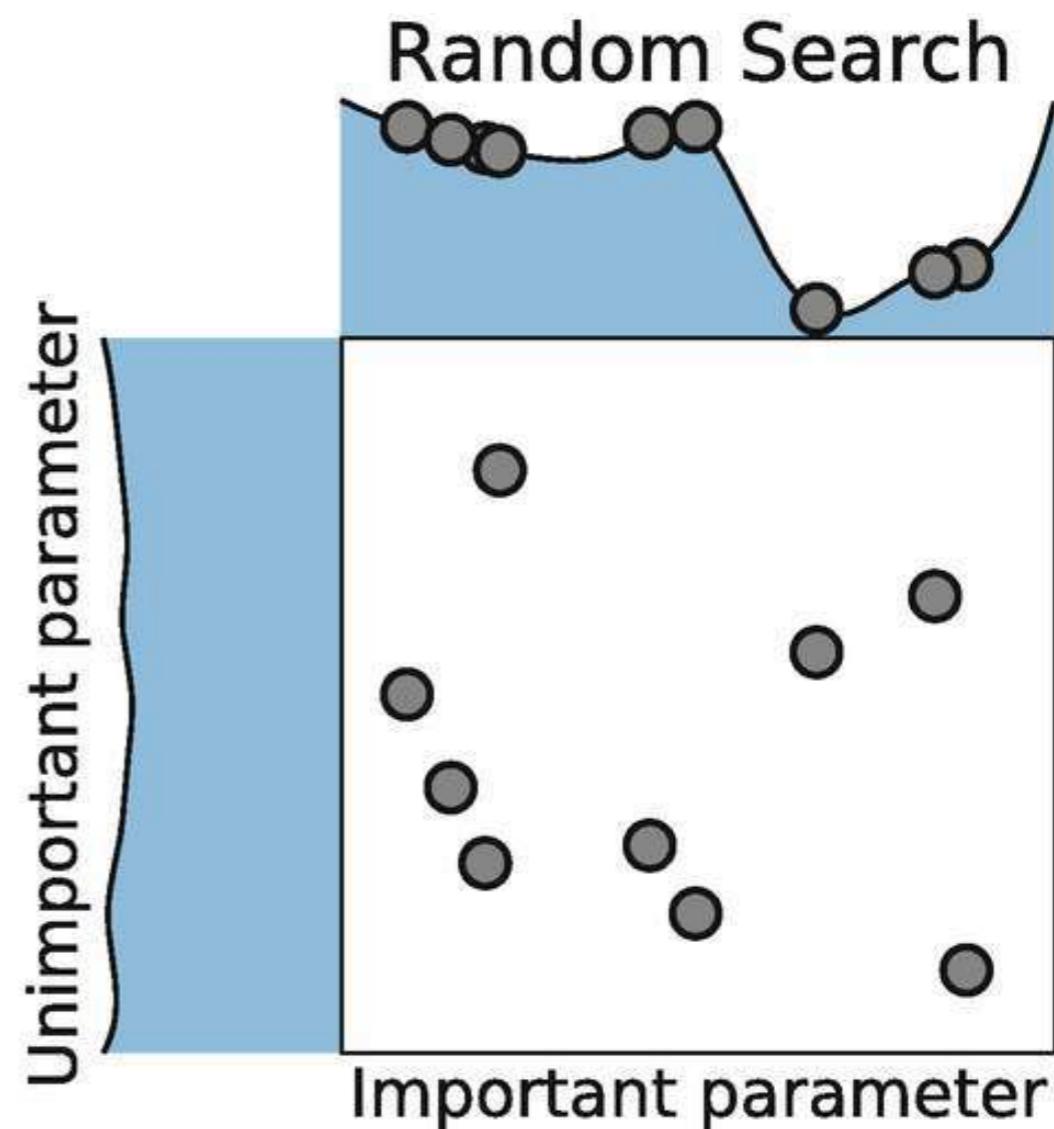
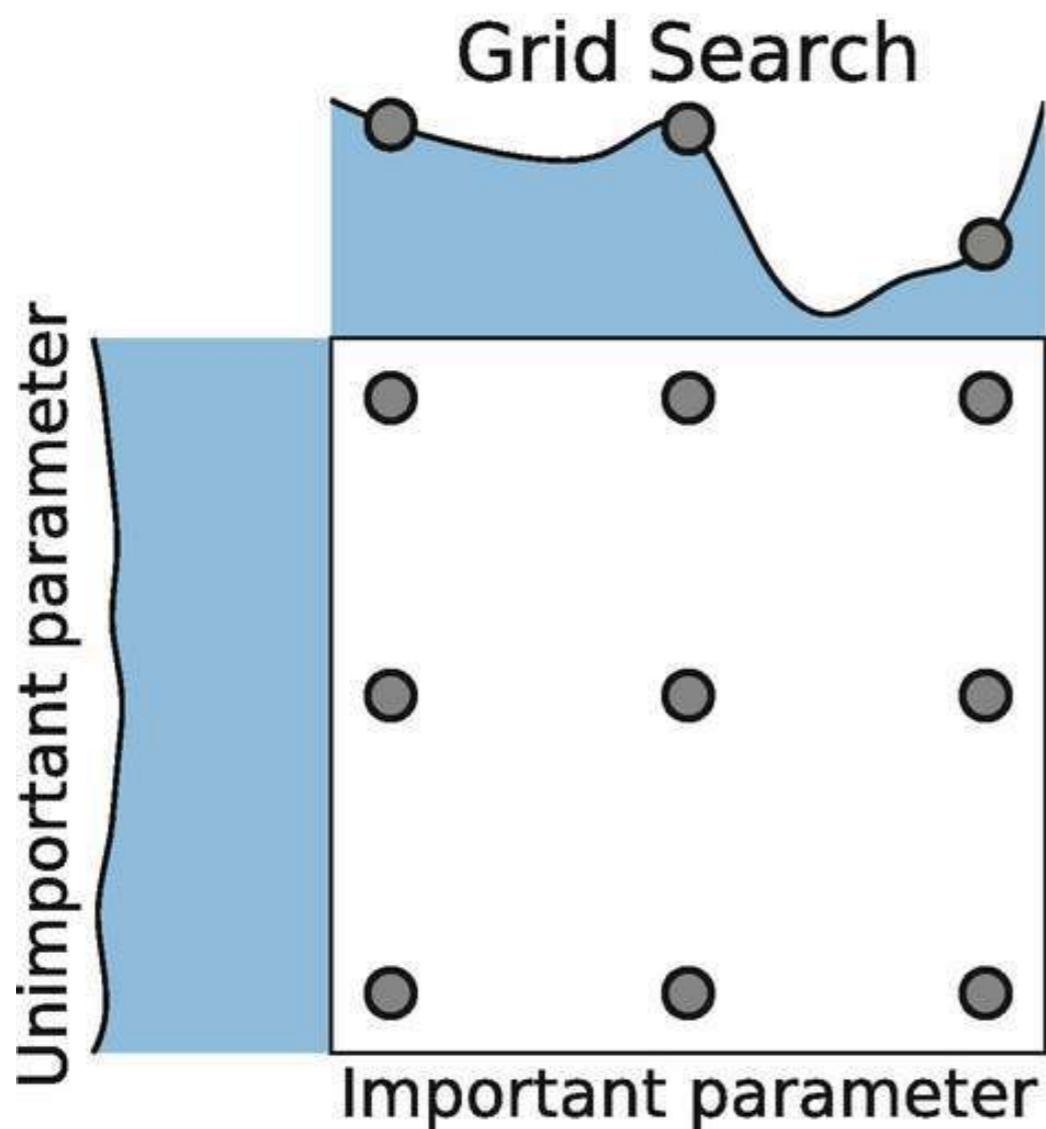
For a fair comparison between algorithms (in this case random vs grid search), the same “budget”, i.e., number of evaluated solutions, should be allotted.



BASIC OPTIMIZATION ALGORITHMS

RANDOM SEARCH

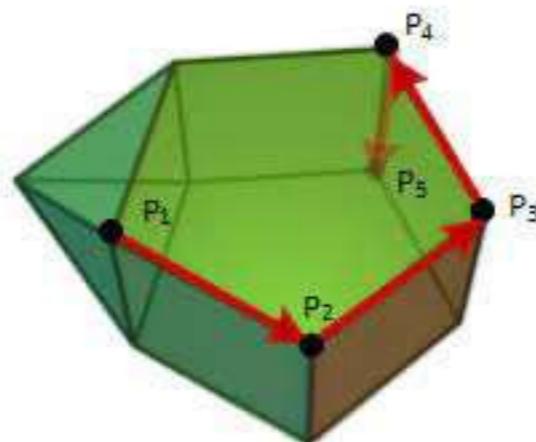
Main differences w.r.t. grid search



BASIC OPTIMIZATION ALGORITHMS

CLASSIC OPTIMIZATION APPROACHES

- **Exact methods:** the function respects some specific hypotheses, e.g., it's a linear or quadratic problem. The method converges to the exact solution after a finite number of steps of an iterative procedure. For instance, the simplex algorithm for Linear Programming.



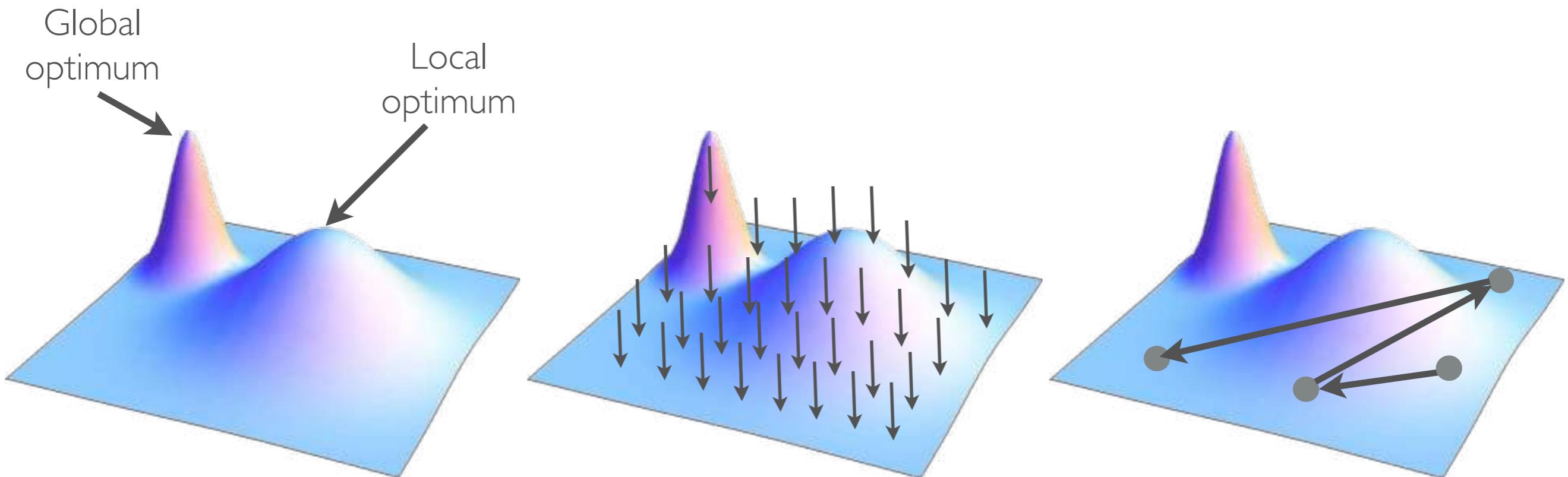
- **Approximate iterative methods (heuristics):** the function respects some hypotheses and can be solved by applying an iterative procedure with an infinite number of steps. The application of the procedure for a finite number of steps still leads to an approximation of the optimum.

Heuristic (from the Greek ευρισκω heuriskō “I find, I discover”), also called “direct”, “pattern search”, or “generate and test” methods, are techniques designed for solving a problem (finding an approximate solution) when classic methods fail to find any exact solution, or are too slow to do that. This is achieved by trading optimality, completeness, accuracy, or precision for speed. Usually, they are **greedy algorithms**.

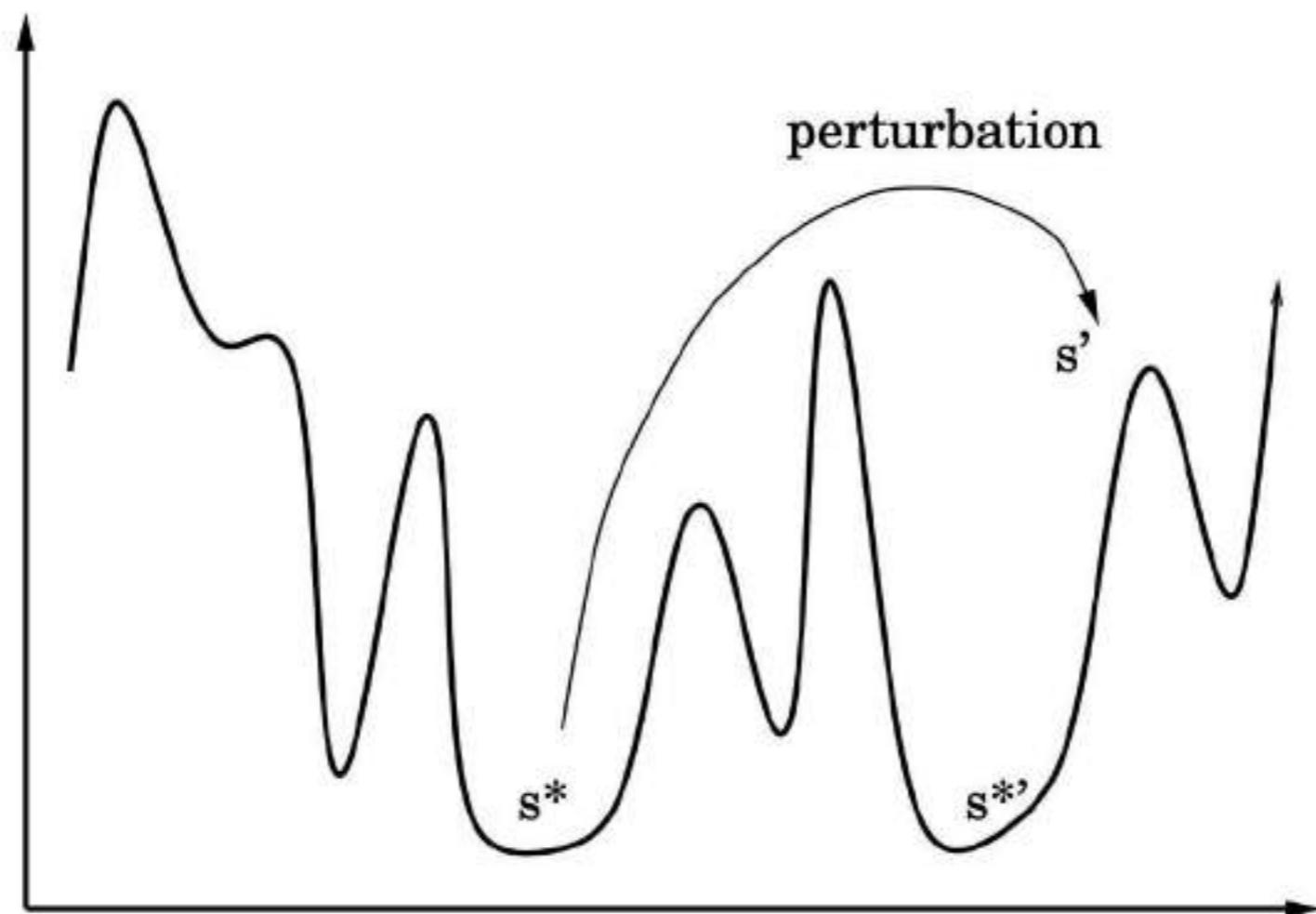
BASIC OPTIMIZATION ALGORITHMS

GLOBAL OPTIMIZATION: FIND THE GLOBAL OPTIMUM

- Unimodal vs multimodal functions: one vs many optima
- Approaches:
 - **Deterministic**: brute force (discretize the search space and evaluate **all points**)
 - **Stochastic**: random search (start from an initial point, and perturb it “walking” randomly in the search space, otherwise just sample a new point at each step)
 - More advanced methods: DIRECT, basin hopping, etc. (we’ll see them next week)



Iterated Local Search



ITERATED LOCAL SEARCH

MAIN GIST OF THE ALGORITHM

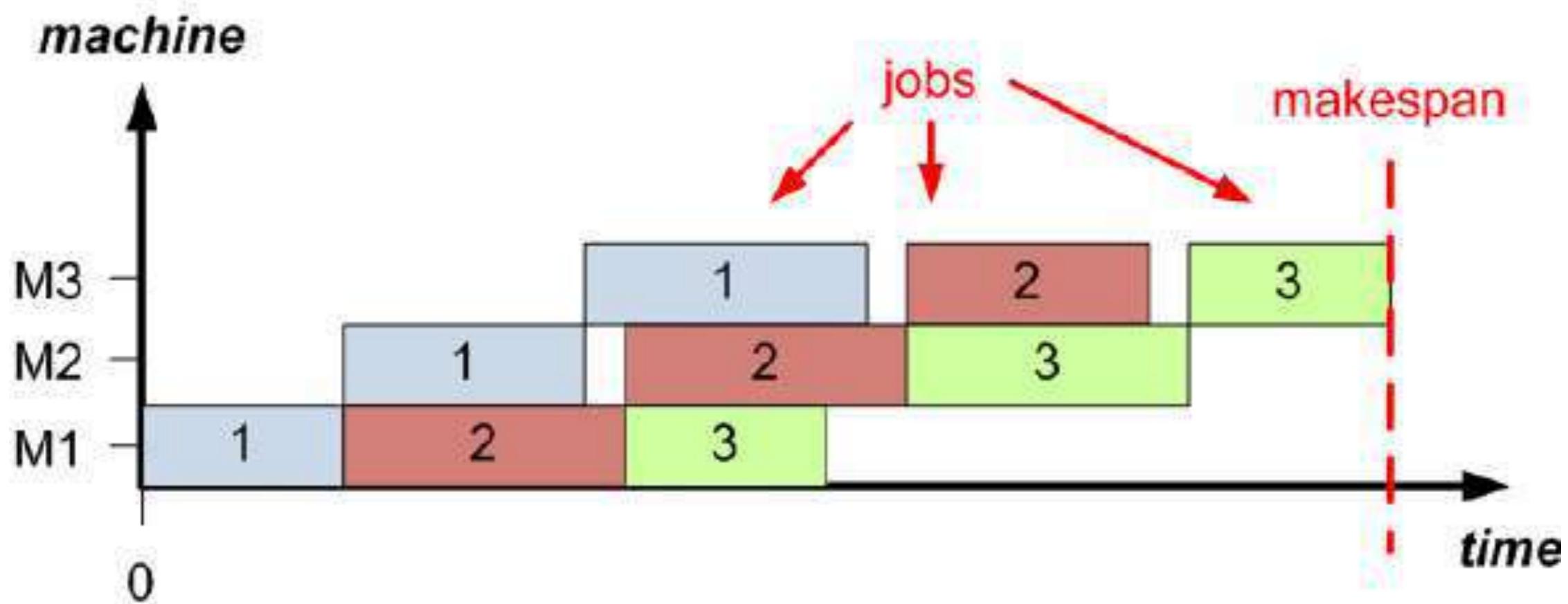
- Iterated local search (ILS) is a stochastic local search method that generates a **sequence** of solutions generated by an **embedded heuristic**, leading to far better results than if one were to use repeated random trials of that heuristic.

```
procedure Iterated Local Search
     $s_0 \leftarrow \text{GenerateInitialSolution}$ 
     $s^* \leftarrow \text{LocalSearch}(s_0)$ 
    repeat
         $s' \leftarrow \text{Perturbation}(s^*, history)$ 
         $s^{*'} \leftarrow \text{LocalSearch}(s')$ 
         $s^* \leftarrow \text{AcceptanceCriterion}(s^*, s^{*'}, history)$ 
    until termination condition met
end
```

ITERATED LOCAL SEARCH

EXAMPLE: PERMUTATION FLOW-SHOP PROBLEM (FSP)

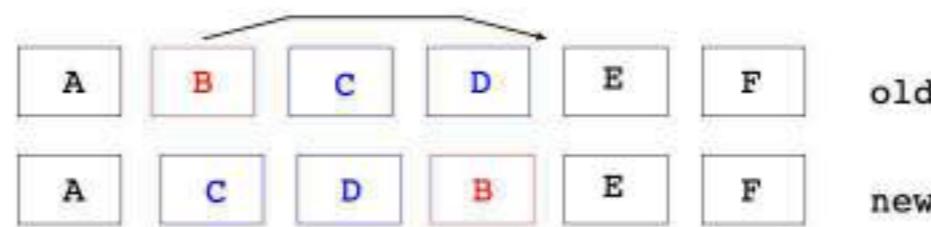
- Given:
 - n jobs to be processed on m machines
 - processing times t_{ij} of job i on machine j
 - machine order for all jobs is identical
 - permutation FSP: same job order on all machines (differently from JSP)
- Goal: minimize the completion time C_{\max} of last job (makespan)
- Prototypical scheduling problem, NP-hard



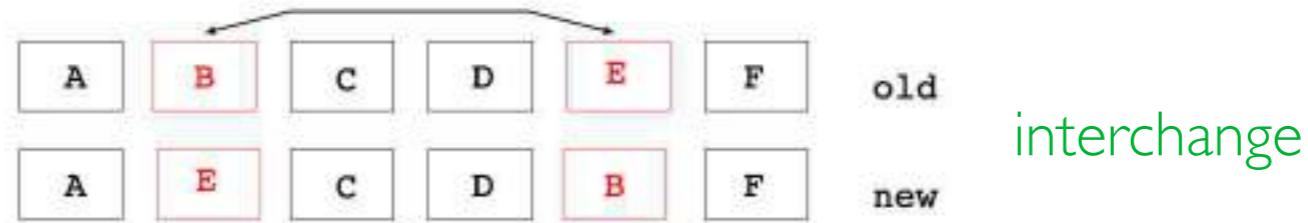
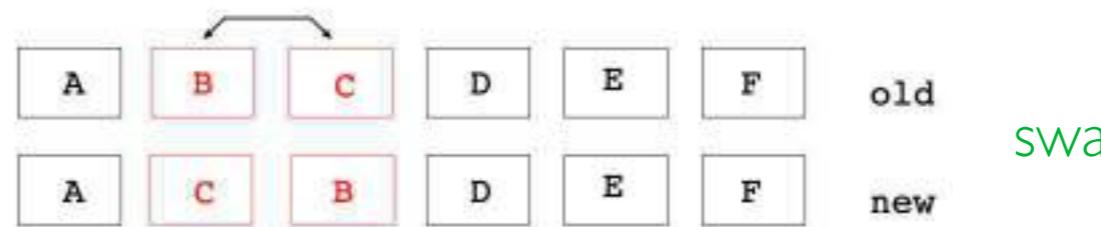
ITERATED LOCAL SEARCH

EXAMPLE: PERMUTATION FLOW-SHOP PROBLEM (FSP)

- **GenerateInitialSolution:** Nawaz, Enscore and Ham (NEH) heuristic (jobs with greater total processing time should be given a greater priority than jobs with a smaller total processing time)
- **LocalSearch:** insertion neighborhood



- **Perturbation:** a number of swap or interchange moves



- **AcceptanceCriterion:** accept s^* ' only if $f(s^*) \leq f(s^*)'$

Simulated Annealing



SIMULATED ANNEALING

FROM GREEDY SEARCH TO SIMULATED ANNEALING

Most basic algorithm: Hill-Climbing/Descent (Greedy Local Search)

- $X \leftarrow$ Initial configuration
- Iterate:
 1. $E \leftarrow Eval(X)$
 2. $\mathcal{N} \leftarrow Neighbors(X)$
 3. For each X_i in \mathcal{N}
 $E_i \leftarrow Eval(X_i)$
 4. If all E_i 's are higher than E
 Return X
Else
 $i^* = \operatorname{argmin}_{x_i} (E_i)$ $X \leftarrow X_{i^*}$ $E \leftarrow E_{i^*}$

SIMULATED ANNEALING

FROM GREEDY SEARCH TO SIMULATED ANNEALING

Stochastic Search: Randomized Hill-Climbing/Descent

- $X \leftarrow$ Initial configuration

- Iterate:

1. $E \leftarrow Eval(X)$

2. $X' \leftarrow$ one configuration
randomly selected in
Neighbors (X)

3. $E' \leftarrow Eval(X')$

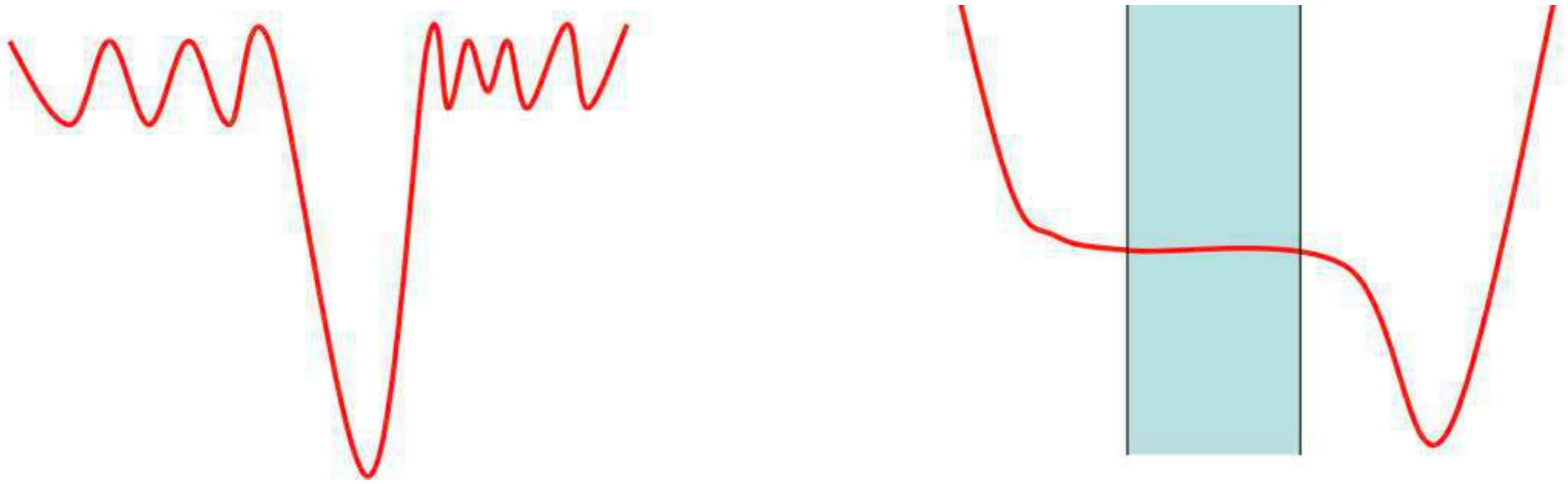
4. If $E' < E$

$X \leftarrow X'$

$E \leftarrow E'$

SIMULATED ANNEALING

ISSUES WITH GREEDY/RANDOMIZED HILL-CLIMBING



Highly multimodal landscape

Plateaus

SIMULATED ANNEALING

FROM GREEDY SEARCH TO SIMULATED ANNEALING

Probabilistic uphill (ascent) acceptance criterion

1. $E \leftarrow \text{Eval}(X)$
2. $X' \leftarrow$ one configuration randomly selected in $\text{Neighbors}(X)$
3. $E' \leftarrow \text{Eval}(X')$
4. If $E' \leq E$

$X \leftarrow X'$

$E \leftarrow E'$

Else accept the move to X' with some probability p :

$X \leftarrow X'$

$E \leftarrow E'$

How to set p ?

If p constant: We don't know how to set p
→ Depends on the problem

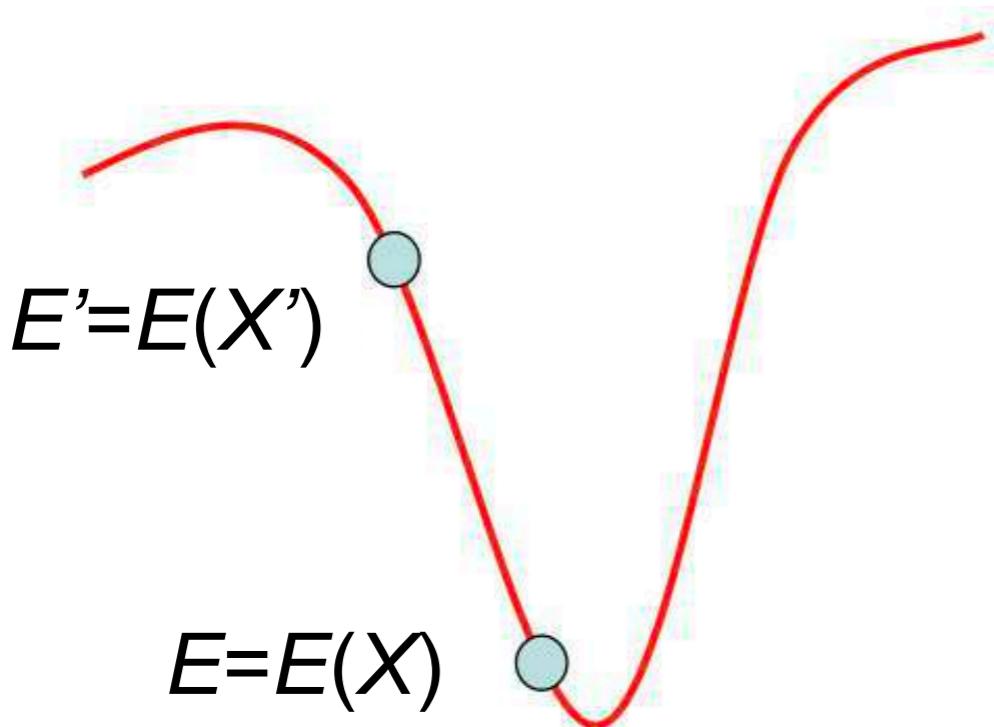
Decrease p as the iterations progress
→ We accept fewer uphill moves as we approach the global minimum

Decrease p as $E' - E$ increases
→ Lower probability to move uphill if the difference on the evaluation function is high

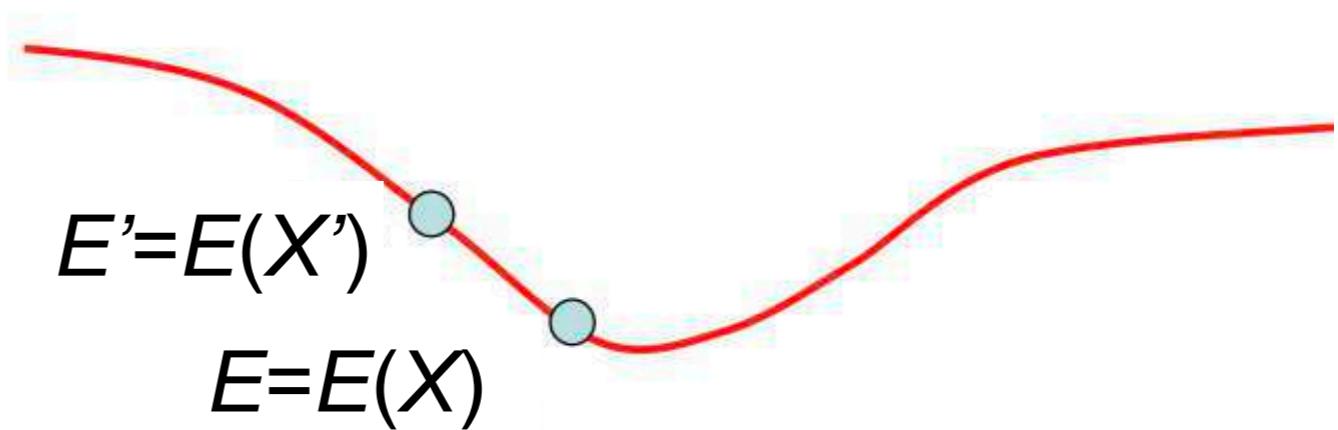
SIMULATED ANNEALING

FROM GREEDY SEARCH TO SIMULATED ANNEALING

Probabilistic uphill (ascent) acceptance criterion - Intuition



$E' - E$ is **large**: It is more likely that we are around a (promising) “deep” minimum so we don’t want to move uphill too much.



$E' - E$ is **small**: It is likely that we are around a “shallow” minimum that is likely to be a (uninteresting) local minimum, so we would like to move uphill to explore other parts of the landscape.

SIMULATED ANNEALING

SIMULATED ANNEALING - GENERAL SCHEME

- $X \leftarrow$ Initial configuration
- $T \leftarrow$ Initial high temperature
- Iterate:
 1. Do K times:
 - 1.1 $E \leftarrow \text{Eval}(X)$
 - 1.2 $X' \leftarrow$ one configuration randomly selected in
 $\text{Neighbors}(X)$
 - 1.3 $E' \leftarrow \text{Eval}(X')$
 - 1.4 If $E' \leq E$
 $X \leftarrow X'; E \leftarrow E';$
Else accept the move with probability $p = e^{-(E'-E)/T}$
 $X \leftarrow X'; E \leftarrow E';$
 2. $T \leftarrow \alpha T$

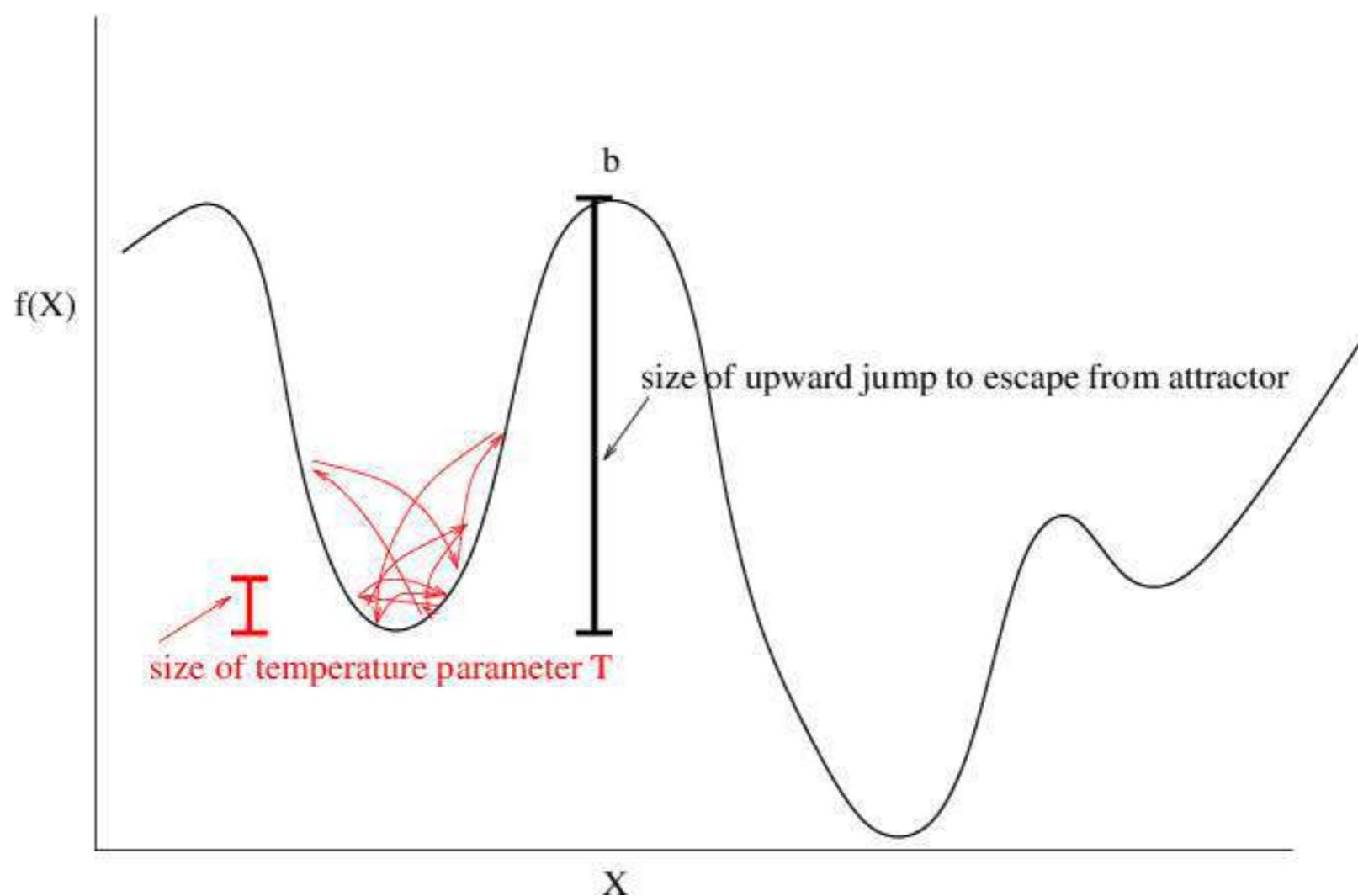
Many parameters
need to be tweaked!!

$$p = e^{-(E'-E)/T}$$

SIMULATED ANNEALING

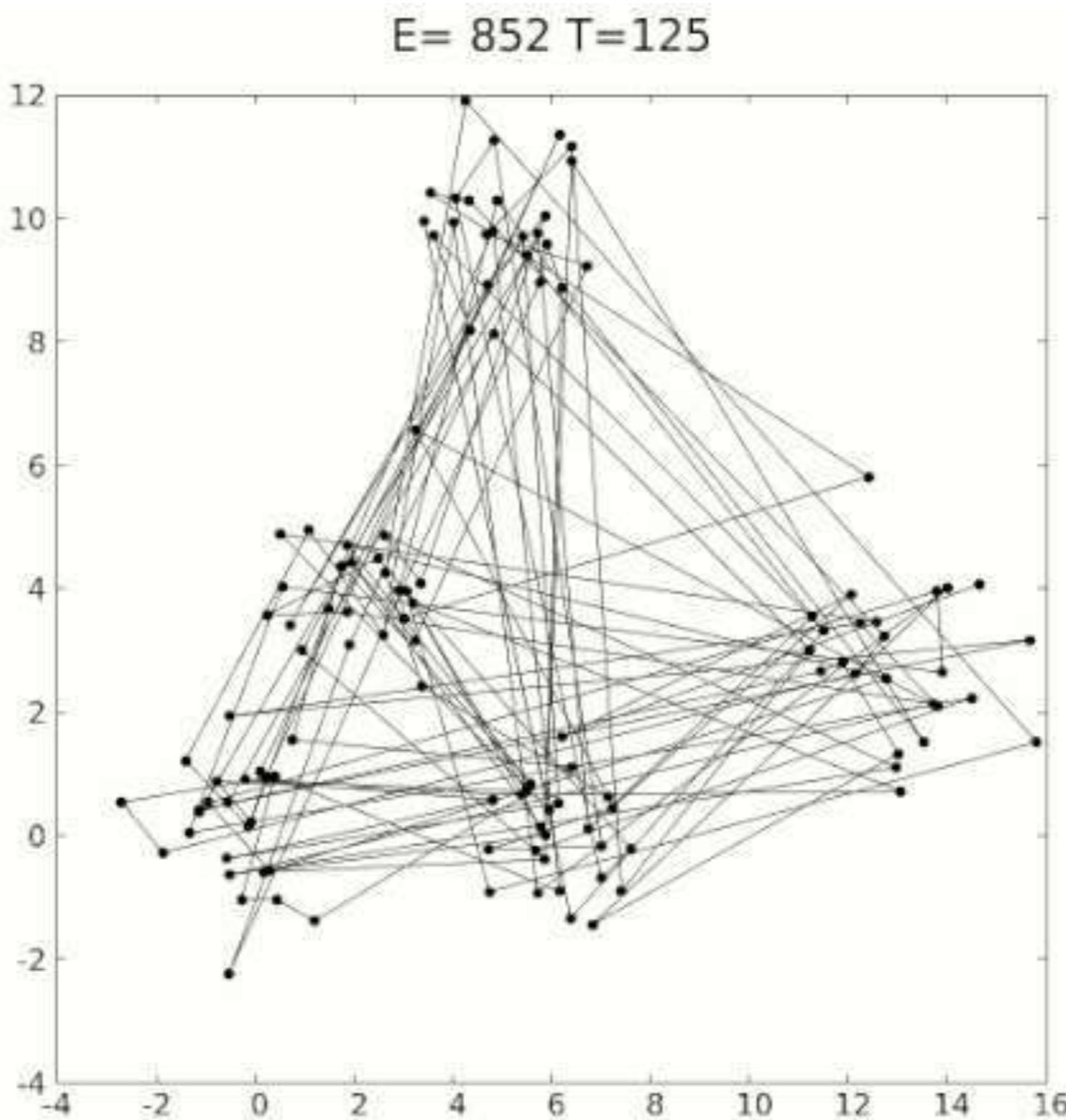
INTUITION

A finite “temperature” allows for controlled uphill steps thus enabling the search to get out of local minima. Starting from a high temperature, the search is then successively “cooled down” according to an annealing schedule. With decreasing temperature, the step width is therewith reduced thus freezing the system to the ground state. The cooling rate needs to be inverse logarithmic in time, to assure convergence.



SIMULATED ANNEALING

EXAMPLE: TRAVELING SALESMAN PROBLEM (TSP)



Metaheuristics



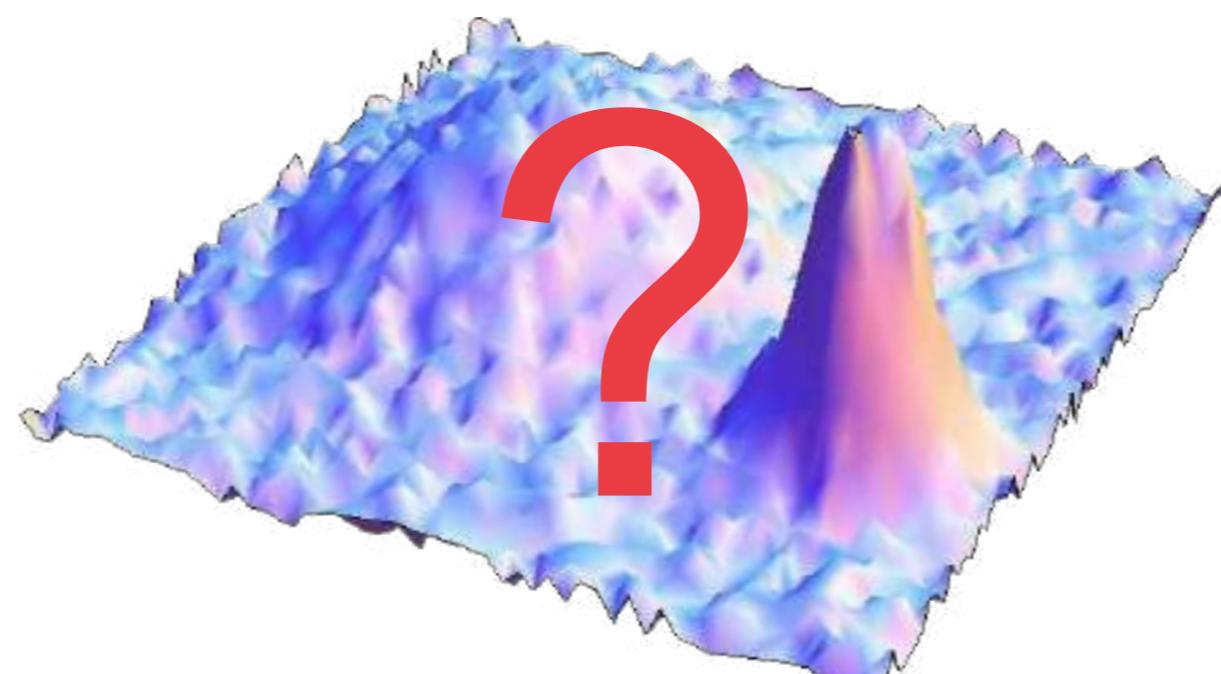
METAHEURISTICS

WHAT CAN WE USE FOR GLOBAL OPTIMIZATION? METAHEURISTICS!

- From the ancient Greek μετα – ευρισκω meta heuriskō, i.e., “I find beyond”: algorithms that do not require any assumption on the objective function (“black-box” optimization).
- Especially useful when an analytical expression of the objective function is not even available (e.g., output of simulations), or it is extremely complex (multivariate, noisy, non-differentiable, non-continuous, non-linear; etc.).

COMPUTATIONAL INTELLIGENCE OPTIMIZATION (CIO)

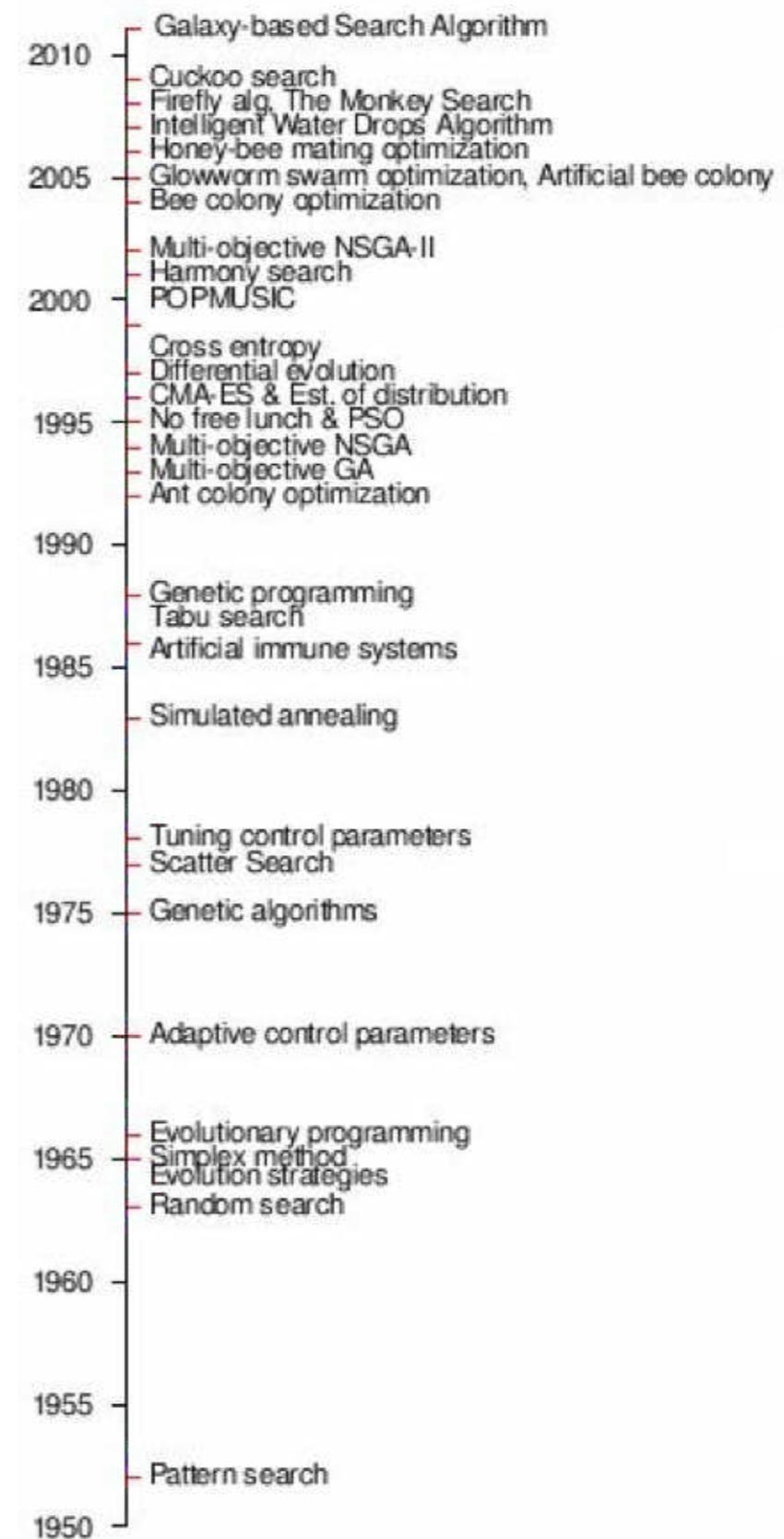
A subfield of CI that studies mathematical procedures to solve optimization problems, especially in the cases when there are no hypotheses and a metaheuristic is the only option.



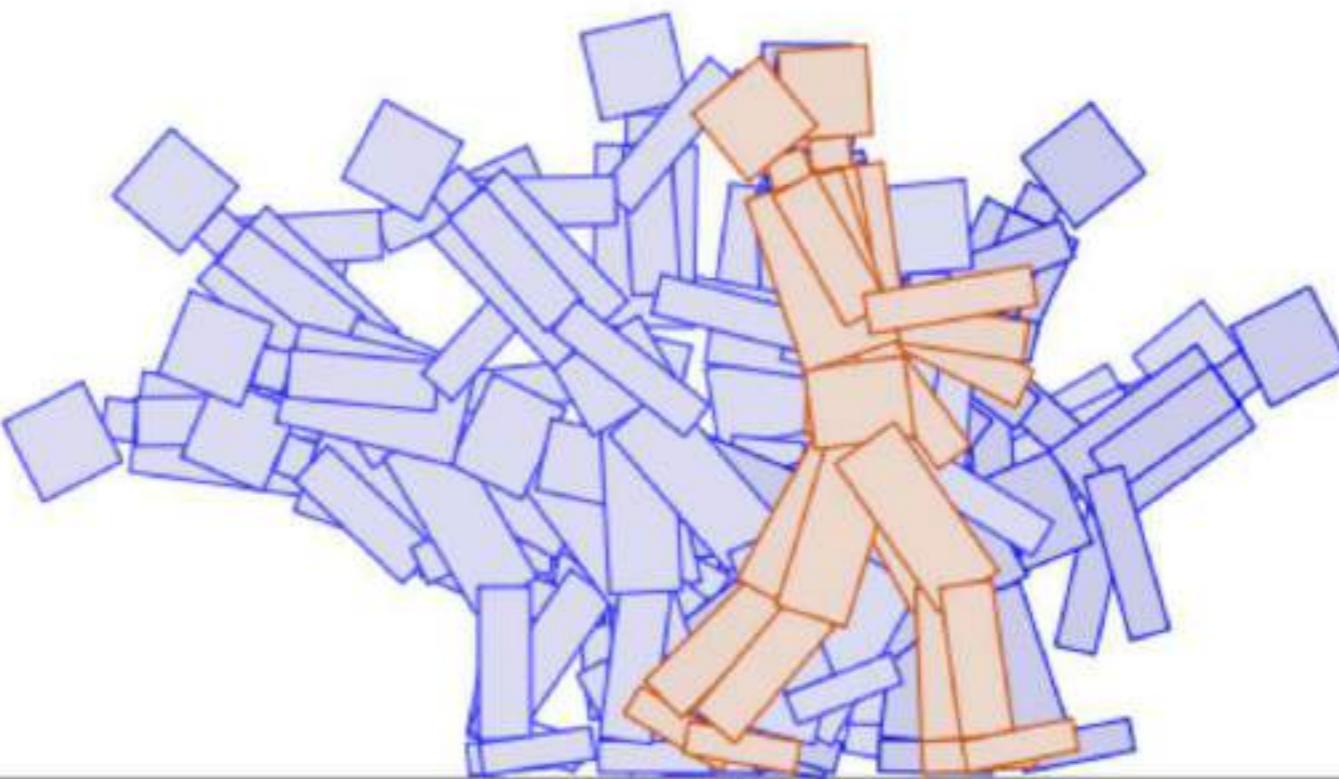
METAHEURISTICS

SOME EXAMPLES

- Simulated Annealing (SA)
- Evolutionary Algorithms (EAs)
- Genetic Algorithms (GAs)
- Evolutionary Programming (EP)
- Evolution Strategies (ES)
- Particle Swarm Optimization (PSO)
- Ant Colony Optimization (ACO)
- Bacterial Foraging Optimization (BFO)
- Differential Evolution (DE)
- Memetic Algorithms (MA)
- Hybrid Methods



Evolutionary Computation



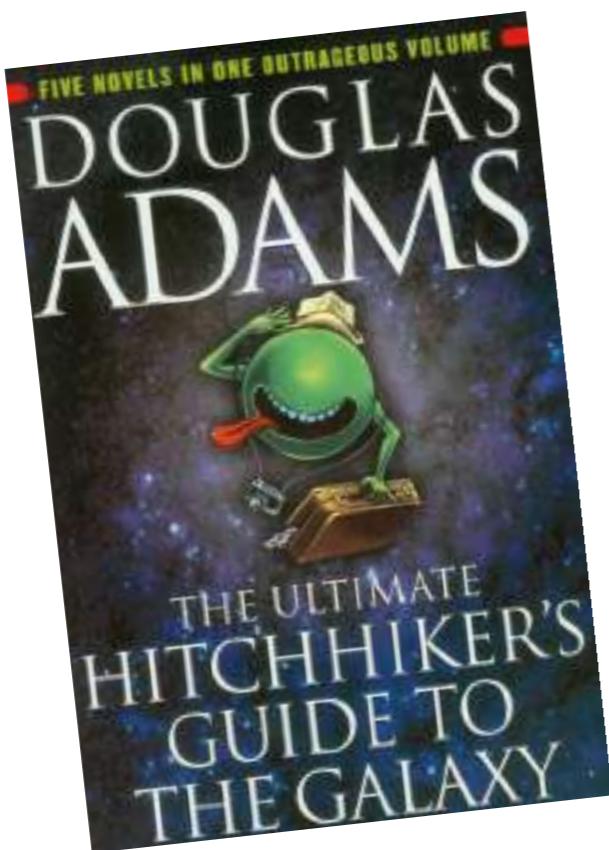
EVOLUTIONARY COMPUTATION

WHAT IS EVOLUTIONARY COMPUTATION?

A broad set of general-purpose computational techniques that attempt to copy the process of natural evolution → generally called **Evolutionary Algorithms** or **Artificial Evolution algorithms**

WHY COPYING NATURAL EVOLUTION?

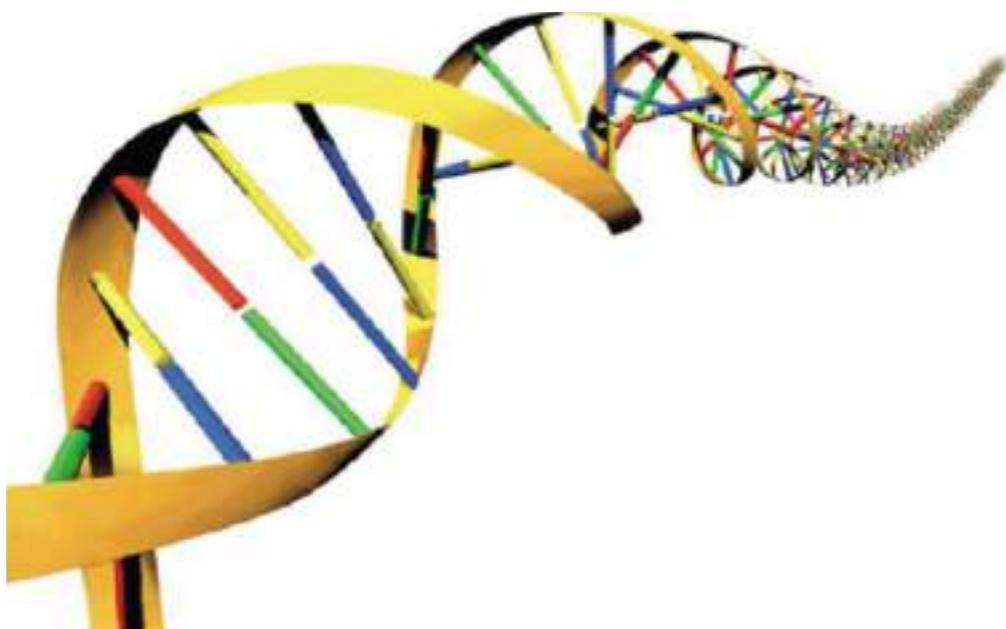
- Nature has always served as a source of inspiration for engineers and scientists
- The best problem solver known in nature is:
 - The (human) brain that created “*the wheel, New York, wars and so on*” → Neural Networks
 - The evolutionary process that created the human brain → Evolutionary Computing



EVOLUTIONARY COMPUTATION

SIMILARITIES BETWEEN NATURAL AND ARTIFICIAL EVOLUTION

- **Individual:** encodes a potential (candidate) solution for a given problem problem: phenotype (computer program, object shape, electronic circuit, robot, etc.) + genotype (i.e., the genetic representation of the phenotype)
- **Population:** a set of individuals
- **Diversity:** a measure of how individuals in a population differ (at genotype or phenotype level)
- **Selection:** a mechanism to select which individuals “survive” and “reproduce”
- **Inheritance:** a mechanism to (partially) transmit the properties of a solution to another

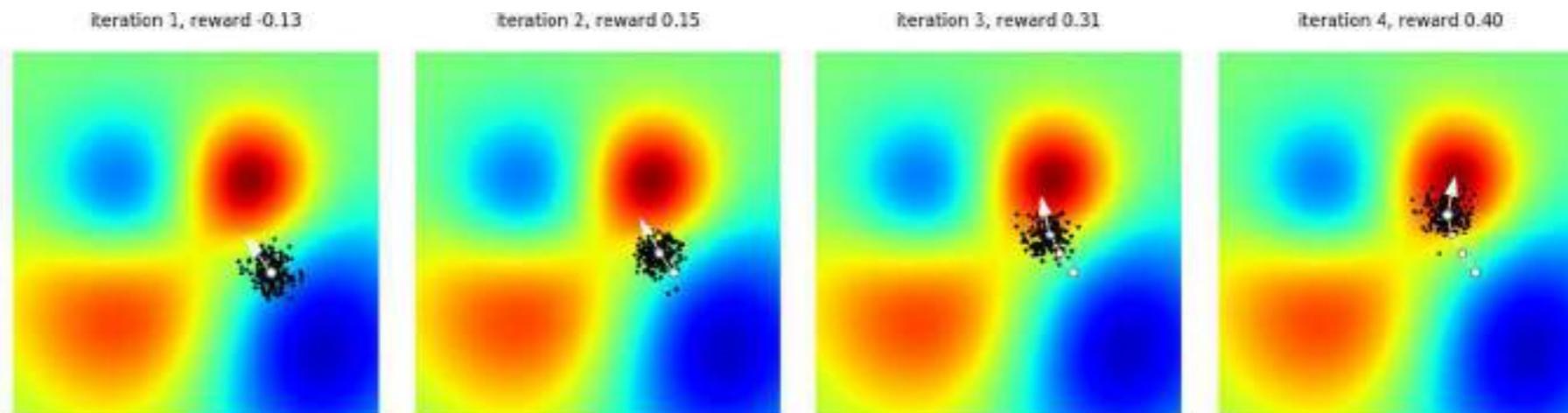


EVOLUTIONARY COMPUTATION

EVOLUTIONARY ALGORITHM

A stochastic population-based metaheuristic that uses some mechanisms inspired by biological evolution:

- Reproduction
- Inheritance
- Mutation
- Selection



REQUIREMENTS

- (a lot of) simulations → natural evolution works over *millions* of generations!
- (inexpensive) computer technology → needed for running thousands of simulations

EVOLUTIONARY COMPUTATION

THE KEY ELEMENTS: INDIVIDUAL & FITNESS

An **individual** encodes a potential solution for a given problem, e.g.:

- A list of real numbers
- A sequence of cities
- A bit string
- Etc.

NOTE: mixed representations are also possible! E.g. a part of the genotype is binary, another real-valued, etc.

Each individual has a **fitness**, that is a metric of how good that solution is for a specific problem.



EVOLUTIONARY COMPUTATION

DISCRETE REPRESENTATIONS

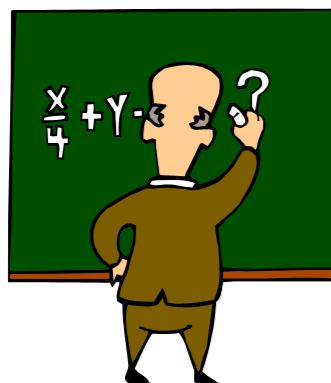
The genotype is a sequence (or an array of sequences) of n discrete symbols drawn from alphabet with cardinality k .

E.g., a binary string of 8 digits ($n=8, k=2$), such as 01010100, can be mapped into different phenotypes, depending on the optimization problem (just to give some examples):

1. To integer i using binary code

01010100		
84	Job	A.M. P.M.
0.328125	1	x
	2	x
	3	x
	4	x
	5	x
	6	x
	7	x
	8	x

2. To real value r in range $[min, max]$:
 $r = min + (i/255)(max-min)$



3. A binary assignment, such as a job schedule problem

- job=gene position
- time=gene value

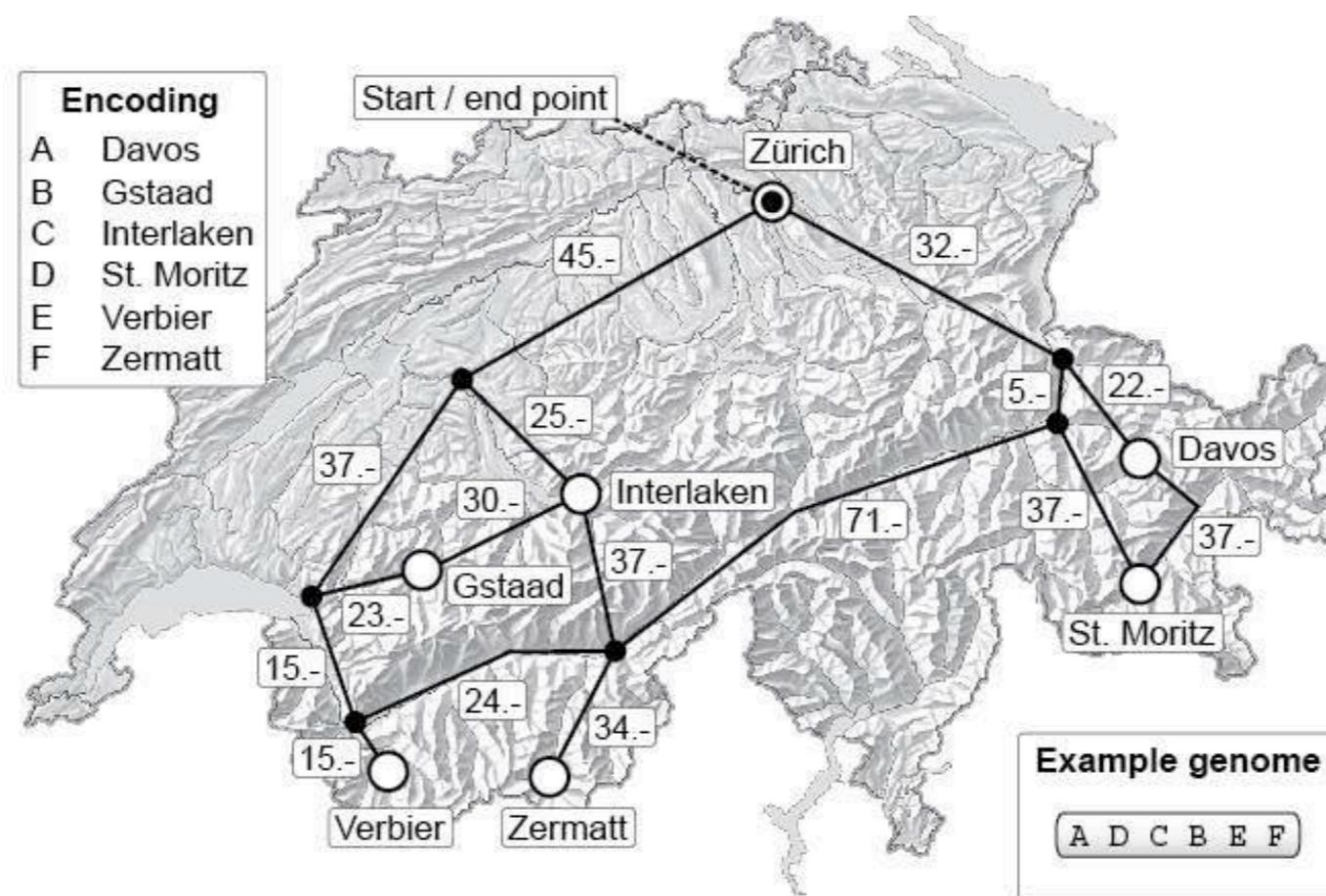


EVOLUTIONARY COMPUTATION

SEQUENCE REPRESENTATIONS

It is a particular case of discrete representation used e.g. for Traveling Salesman Problems (TSP), i.e., plan a path to visit n cities under some constraints, and problems alike. In this case the individual is a permutation of n different symbols (e.g. integers, letters, or labels), each of which occurs exactly once.

E.g., planning ski holidays with lowest transportation costs:

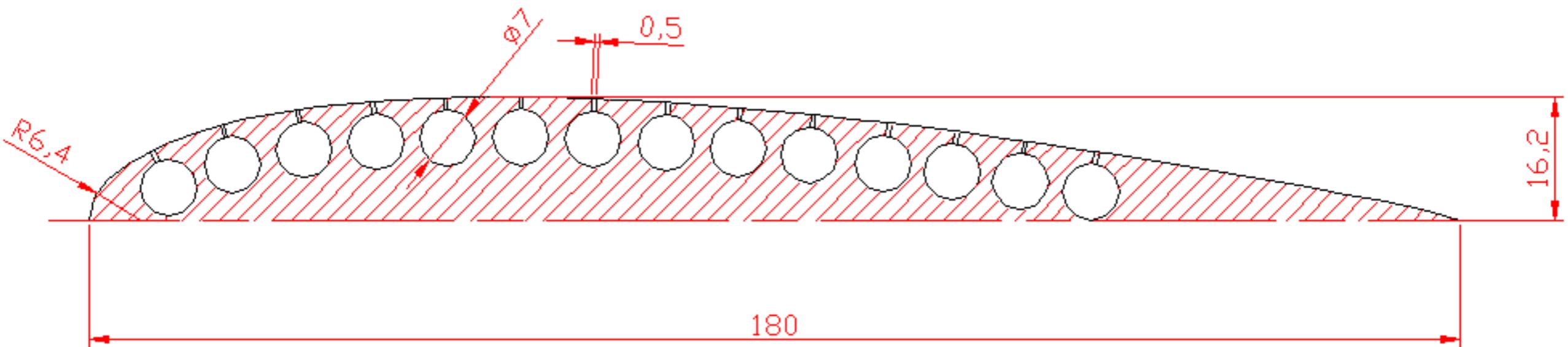


EVOLUTIONARY COMPUTATION

REAL-VALUED REPRESENTATIONS

The genotype is a sequence of real values that represent the problem parameters.

- Used when high-precision parameter optimization is required
- For example, genetic encoding of wing profile for shape optimization:



Evolvable wing made of deformable material with pressure tubes. In this case the genotype is a vector representing the pressure values of 14 tubes.

EVOLUTIONARY COMPUTATION

A GENERIC EVOLUTIONARY ALGORITHM FLOW



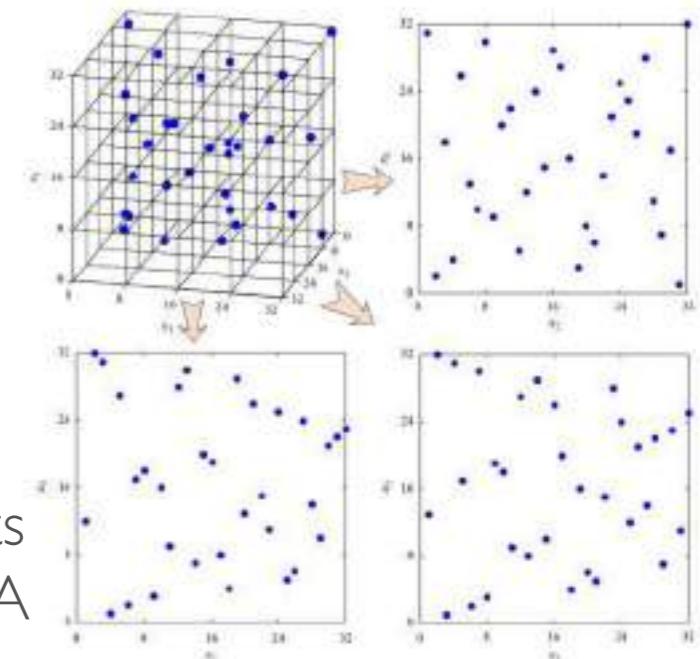
EVOLUTIONARY COMPUTATION

INITIAL POPULATION

Should be sufficiently large to cover the search space (!), but sufficiently small in terms of evaluations (typical size: between 10s and 1000s individuals).

Uniform sample of search space:

- Binary strings: 0 or 1 with probability 0.5 (similarly for other discrete representations)
- Real-valued representations: uniform on a given interval if bounded phenotype (e.g., +2.0, -2.0), otherwise “best guess” (based on domain knowledge). Alternatively, use a DoE (Design of Experiments) algorithm.
- Trees are built recursively starting from root: root is randomly chosen from Function set; for every branch, randomly choose among all elements of Function set and of Terminal set; if terminal is chosen, it becomes leaf. A maximum tree depth must be chosen.



IMPORTANT: hand-designed genotypes may cause a loss of genetic diversity and/or an unrecoverable bias in the evolutionary process!

EVOLUTIONARY COMPUTATION

A GENERIC EVOLUTIONARY ALGORITHM FLOW



EVOLUTIONARY COMPUTATION

FITNESS FUNCTION = OBJECTIVE FUNCTION

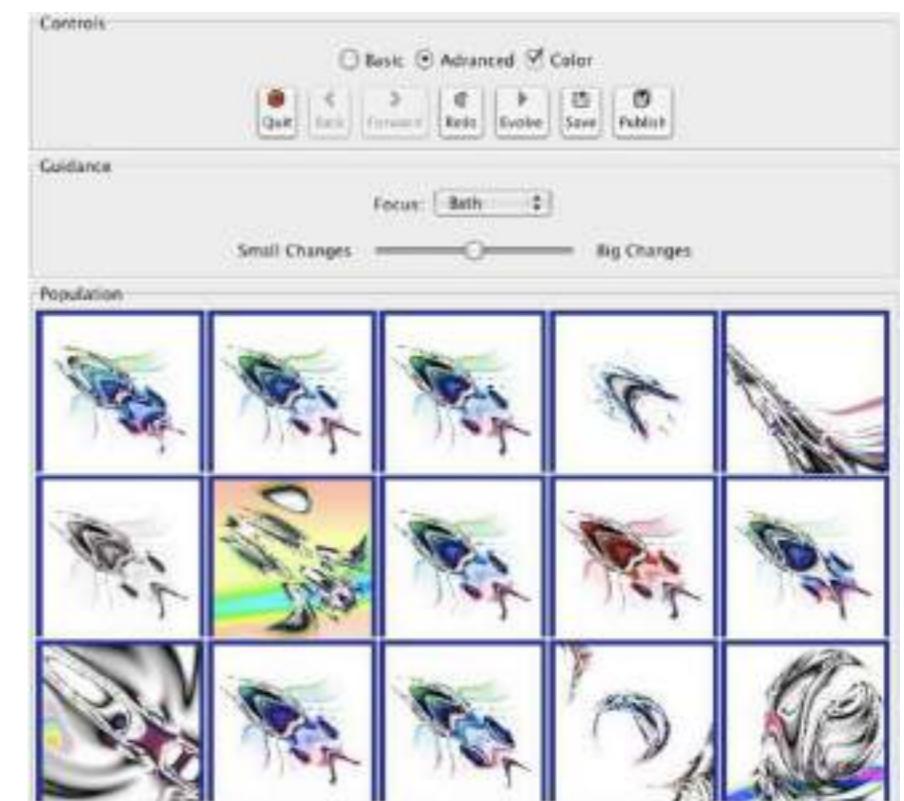
Evaluates the performance of a phenotype with (one or more) numerical scores.

- Choice of components; e.g., lift and drag of a wing
- Combination of components; e.g. (lift + 1.0/drag) or (lift - drag)
- Extensive test of each phenotype (with noise, repeated evaluations are needed)
- The more the fitness function can discriminate (return different values), the better
- Warning! “You Get What You Evaluate”

AN INTERESTING CONCEPT

Subjective fitness: select phenotype by human inspection
(basis of IEC, Interactive Evolution Computation)

- Used when aesthetic properties cannot be quantified objectively (e.g. visual art, music, design, etc.)
- Can be combined with an objective fitness function
- E.g., Picbreeder <http://picbreeder.org/>



EVOLUTIONARY COMPUTATION

A GENERIC EVOLUTIONARY ALGORITHM FLOW



EVOLUTIONARY COMPUTATION

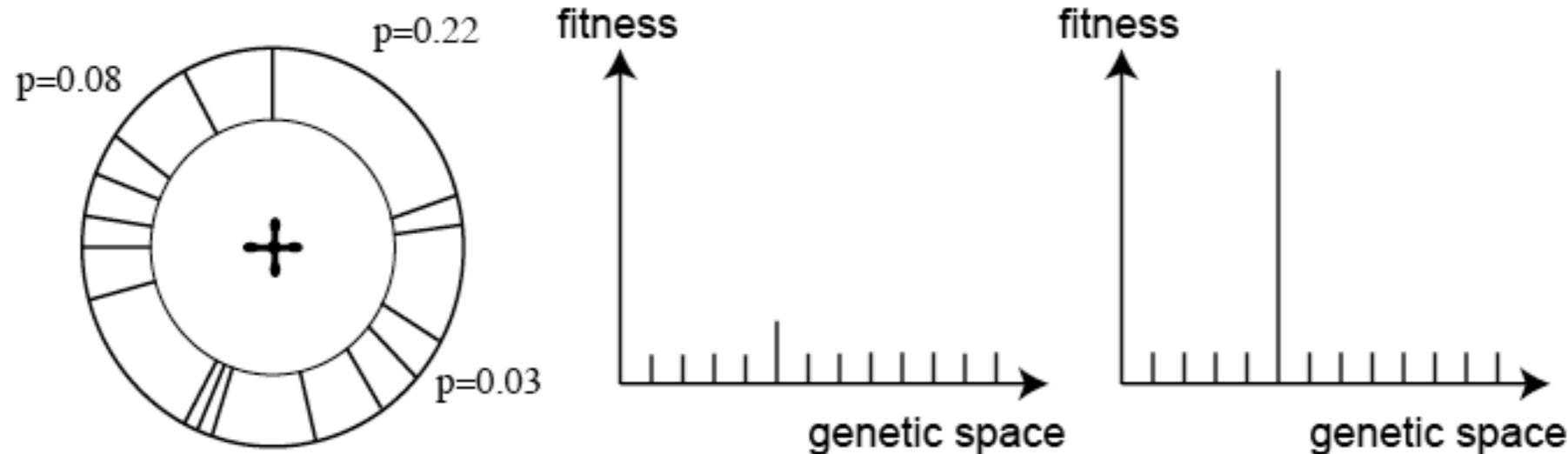
FITNESS-PROPORTIONATE SELECTION (ROULETTE-WHEEL SELECTION)

The probability that an individual makes an offspring is proportional to how good its fitness is with respect to the population fitness: $p(i) = f(i)/\sum f(i)$, i is the individual index

→ Biases selection towards the most-fit individuals!

Problems:

- Fitness must be non-negative (otherwise must be shifted to positive values)
- Uniform fitness values (values are too close) = random selection
- Few high-fitness individuals = high selection pressure (low-fitness individuals have close-to-zero chance of reproduction)

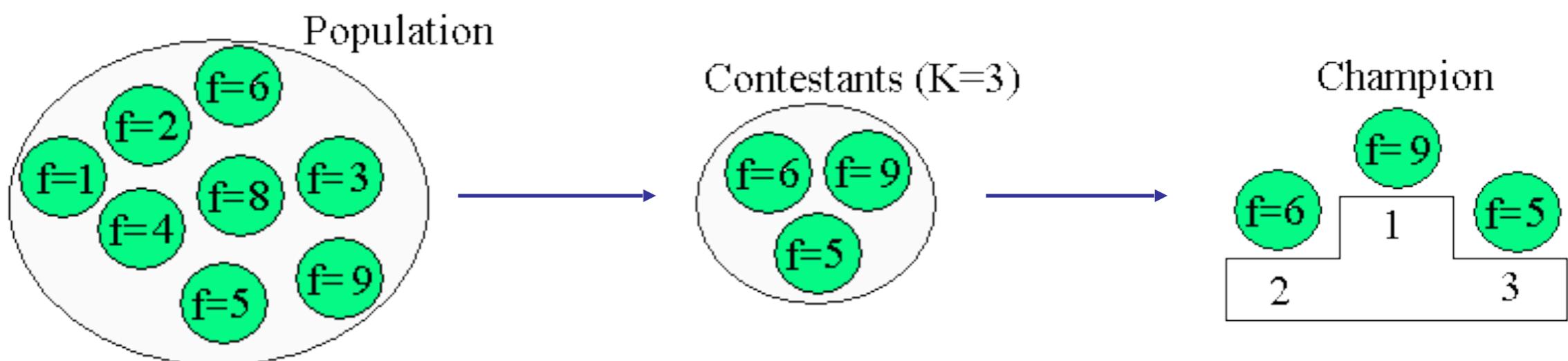


EVOLUTIONARY COMPUTATION

TOURNAMENT SELECTION

For every offspring to be generated:

1. Pick randomly k individuals from the population, where k is the tournament size $< N$, N being the population size (larger k = larger selection pressure, i.e., individual have a higher chance to compete against individuals with higher fitness)
2. Choose the individual with the highest fitness and make a copy
3. Put all individuals back in the population



EVOLUTIONARY COMPUTATION

A GENERIC EVOLUTIONARY ALGORITHM FLOW



population

evaluation of fitness

parents selection



replacement



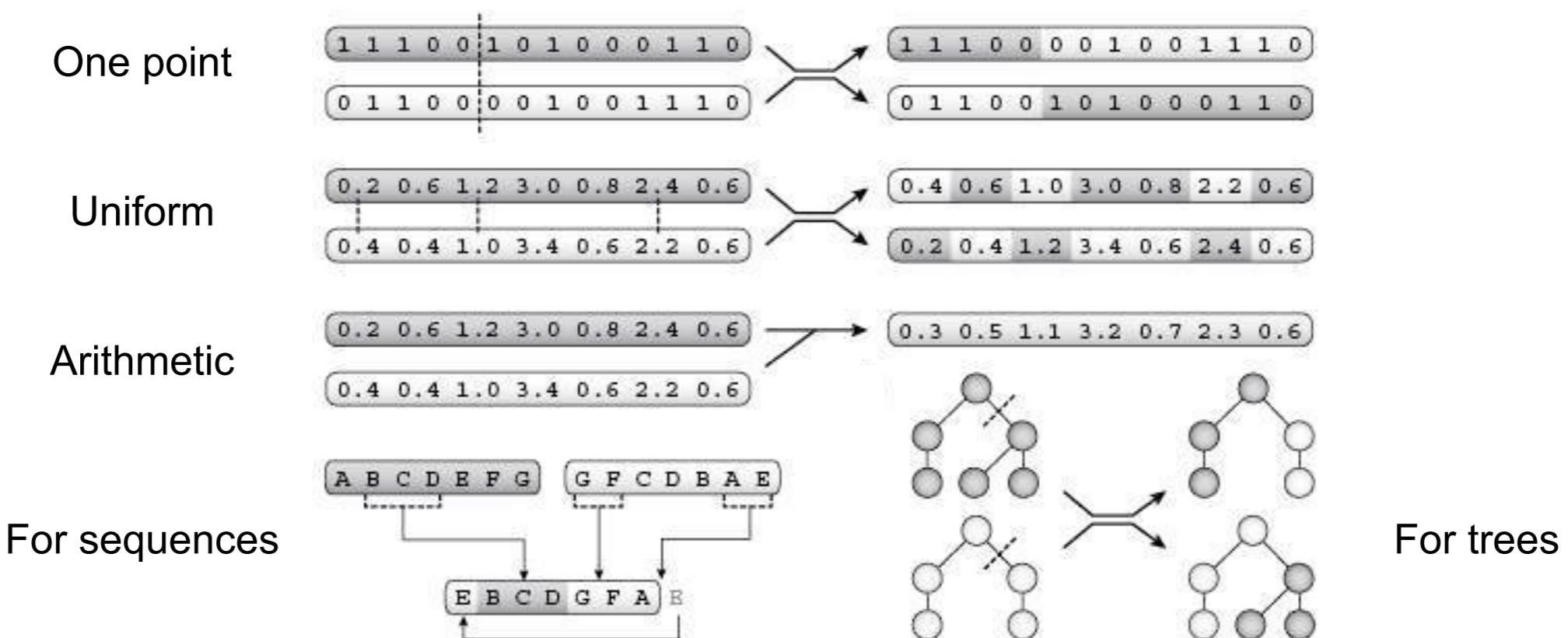
offspring
(new individuals)

reproduction
(genetic operators)

EVOLUTIONARY COMPUTATION

RECOMBINATION (CROSSOVER)

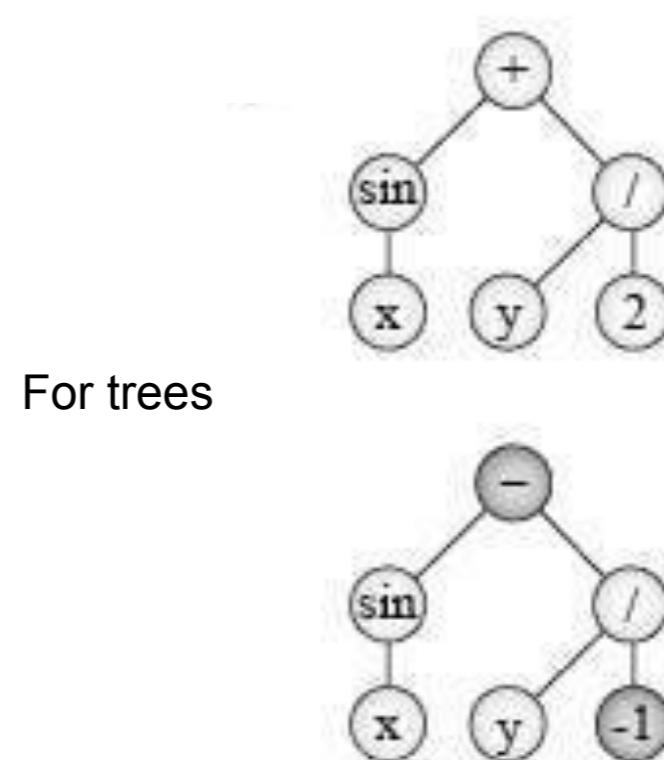
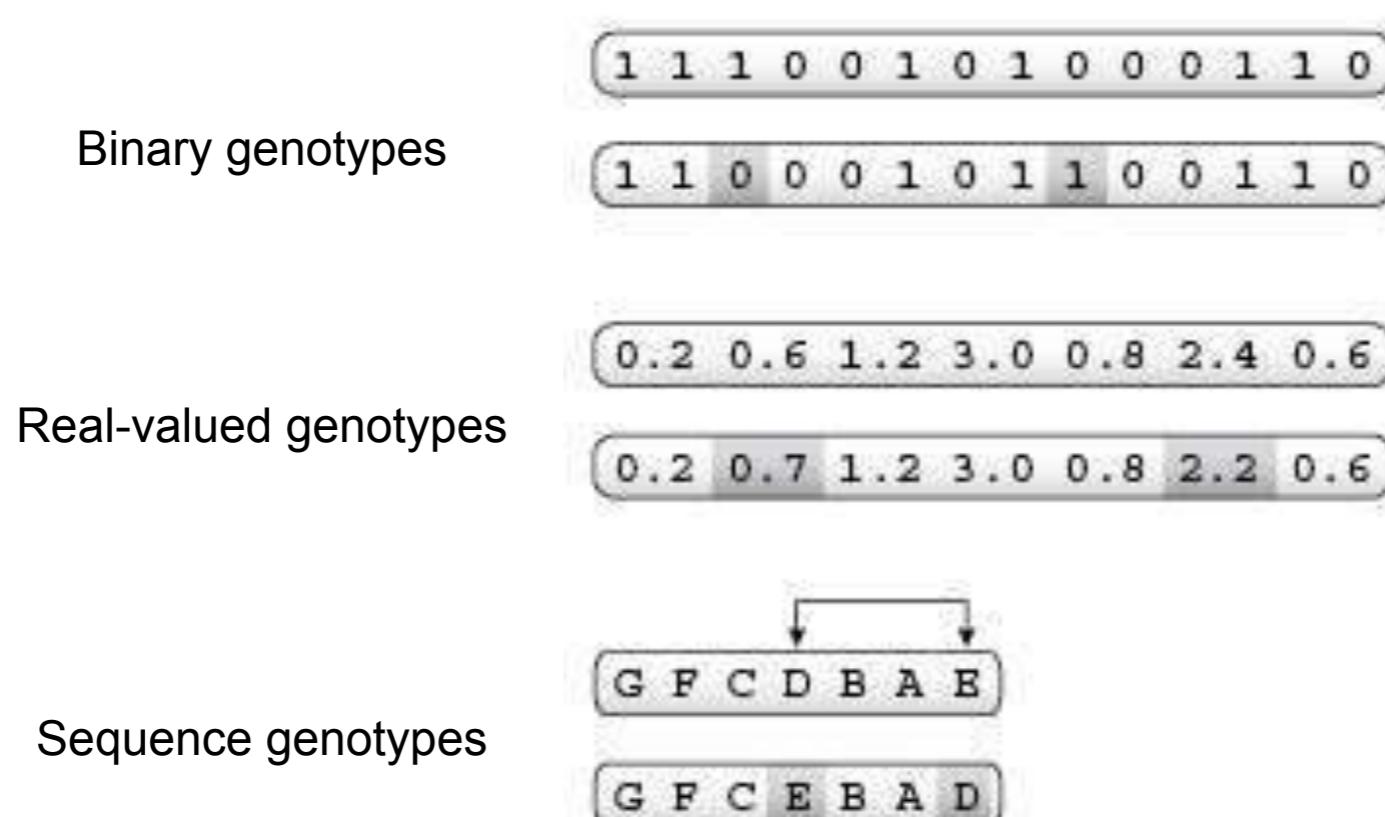
- Emulates recombination of genetic material from two parents during meiosis
- **Exploitation** of synergy of sub-solutions (building blocks) from parents
- Applied to randomly paired offspring with a given probability P_c



EVOLUTIONARY COMPUTATION

MUTATION

- Emulates genetic mutations
- **Exploration** of variation of existing solutions
- Applied to each gene in the genotype with a given probability P_m



EVOLUTIONARY COMPUTATION

A GENERIC EVOLUTIONARY ALGORITHM FLOW



population

evaluation of fitness

parents selection



replacement



offspring
(new individuals)



reproduction
(genetic operators)

EVOLUTIONARY COMPUTATION

REPLACEMENT (OR “SURVIVOR SELECTION”)

- **Generational replacement:** old population is entirely replaced by offspring (also called “aged-based” replacement, or “non-overlapping” replacement, most frequent method)
- **Generational rollover:** insert offspring “in place”, i.e., replace worse individuals in the current generation. A special case is the **Steady-State scheme** (Whitley et al., 1988): one offspring is generated per generation, one member of the population (the worst one) is replaced.
- **Elitism:** maintain n best individuals from previous generation to prevent loss of best individuals by effects of mutations or sub-optimal fitness evaluation (the higher n , the less diversity)



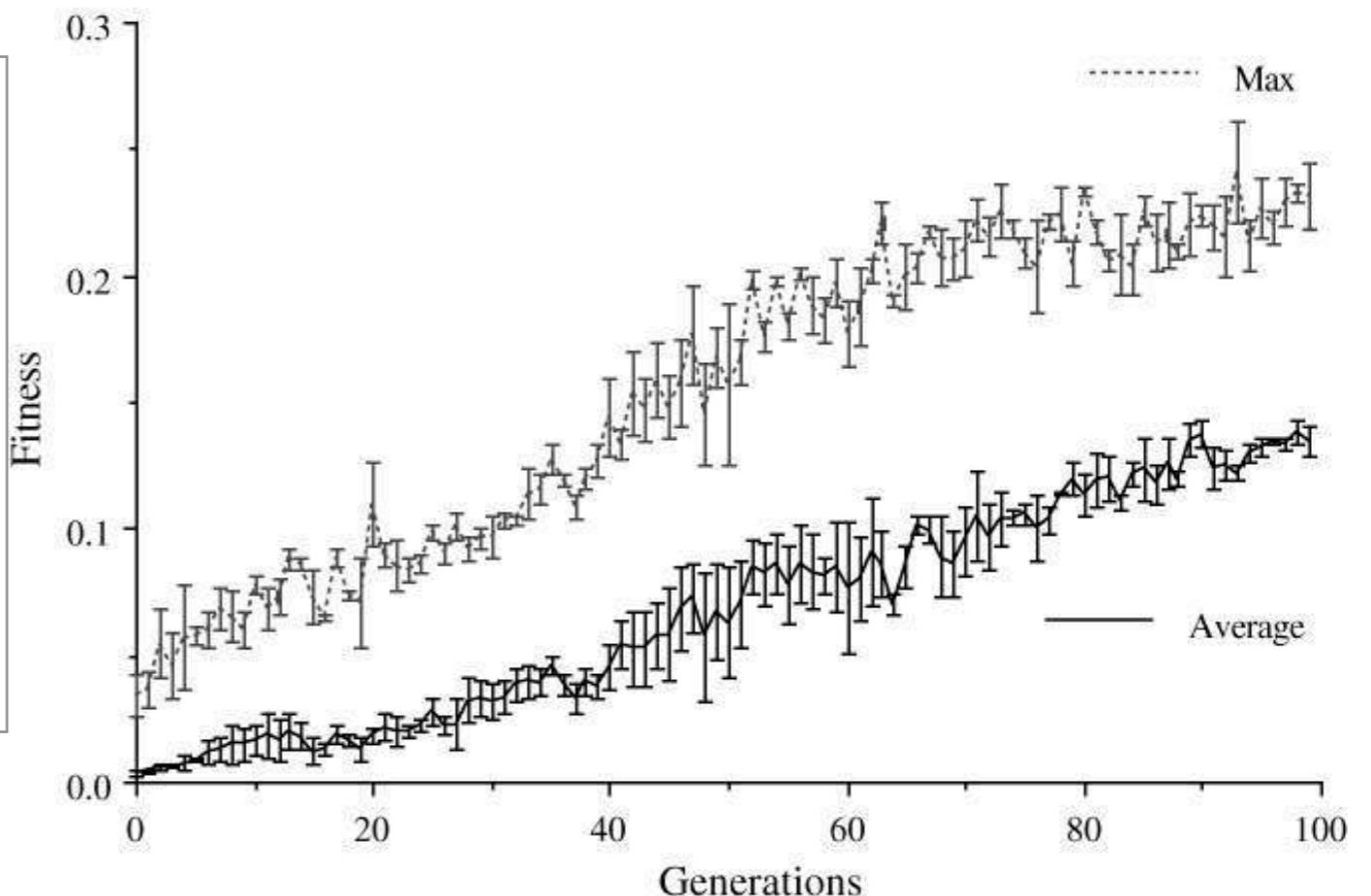
EVOLUTIONARY COMPUTATION

DATA ANALYSIS: MONITORING PERFORMANCE

- Track best/worst and/or population average fitness (+/- std. dev.) of each generation
- Multiple runs are necessary —→ plot average data and standard error (“anytime behavior”)
- Fitness graphs (also called “fitness trends”) are meaningful only if the problem is stationary, i.e., the fitness function does not change over time
- These plots can be used to detect if the algorithm stagnated or (prematurely) converged

Stagnation: no further evolution possible even if the population remains diverse (individuals are far from each other, but new individuals are worse).

Premature convergence: no further evolution possible since the population lost diversity (individuals are too close to each other.)



EVOLUTIONARY COMPUTATION

WHY EVOLUTIONARY ALGORITHMS WORK

- Classic optimization algorithms (“local search” methods) work on a single solution at a time, perturbed according to some logics
- They can be very good at exploitation (fast convergence to local optimum close to the starting point), but not at exploration (they may miss the global optimum)
- They are not parallelizable



single-solution algorithms: like
a single “hill-climber”

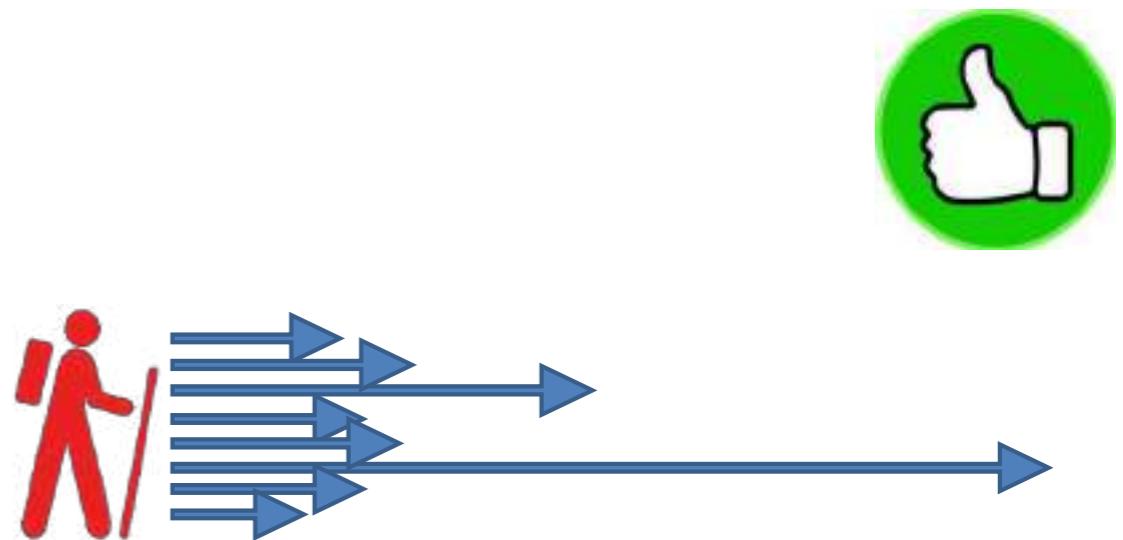
EVOLUTIONARY COMPUTATION

WHY EVOLUTIONARY ALGORITHMS WORK

- They are inherently parallel(izable)
- They are both good at exploitation AND exploration
- Each solution may be perturbed differently (different search perspectives/search strategies)
- Interactions (i.e., exchange of information, e.g. crossover) among solutions can be beneficial



population-based algorithms:
multiple, parallel hill-climbers

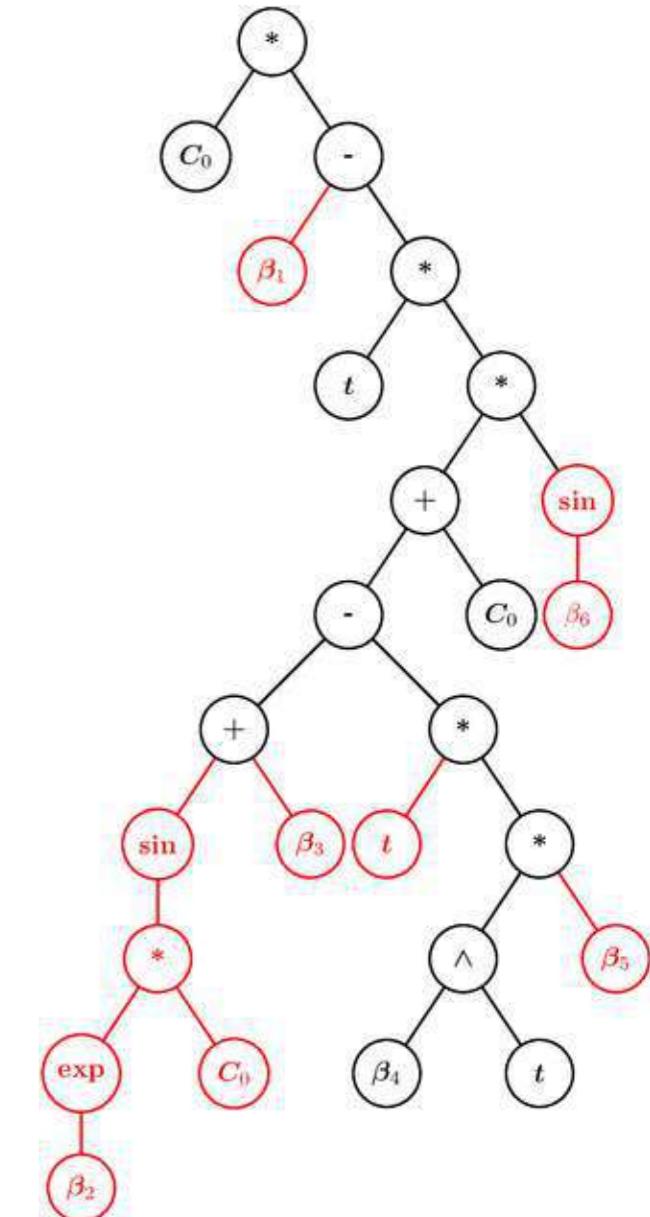
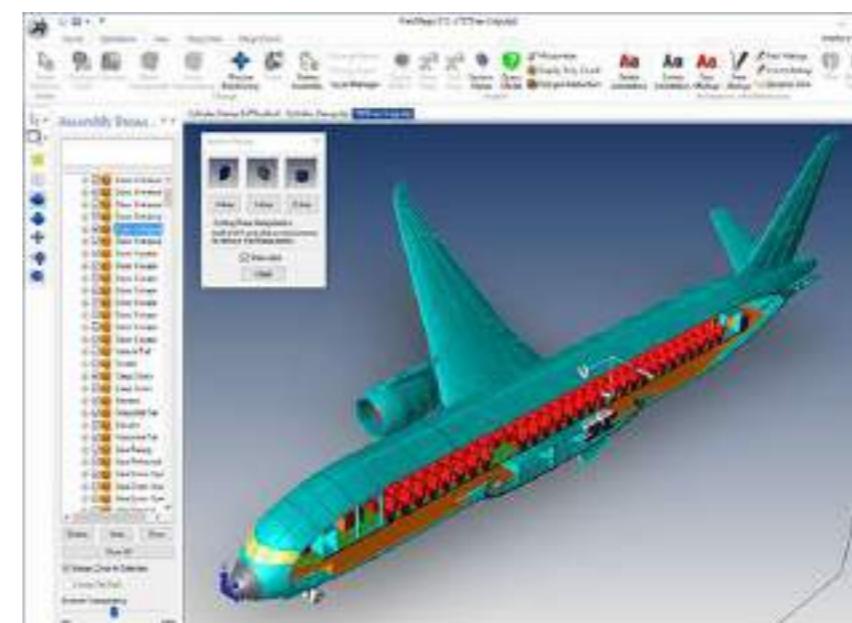


variable step-sizes

EVOLUTIONARY COMPUTATION

SOME APPLICATIONS

- Parameters optimization
- Finance/portfolio optimization
- Model & neural network training
- Forecast
- Scheduling
- Telecom/Networking
- CAD/CAE problems
- Database/Data mining
- Bioinformatics
- Bug identification
- Art (music, design, websites, etc.)
- ALife studies



Swarm Intelligence



SWARM INTELLIGENCE

WHAT IS SWARM INTELLIGENCE?

Some “social” animals live and operate in groups. When these animals perform some tasks together can make things that wouldn’t be able to do when they are alone (showing a form of **collective intelligence**, as opposed to individual intelligence). E.g.: foraging, defending from predators, building complex structures, etc.

Swarm: a group of “simple” agents (not necessarily animals) that communicate with each other (either directly or indirectly), by changing their own state or acting on their local environment.

Swarm Intelligence: the property of a system whereby the collective behaviors of “simple” agents interacting locally cause coherent functional global patterns to emerge (**emergent behavior**).

Main principles

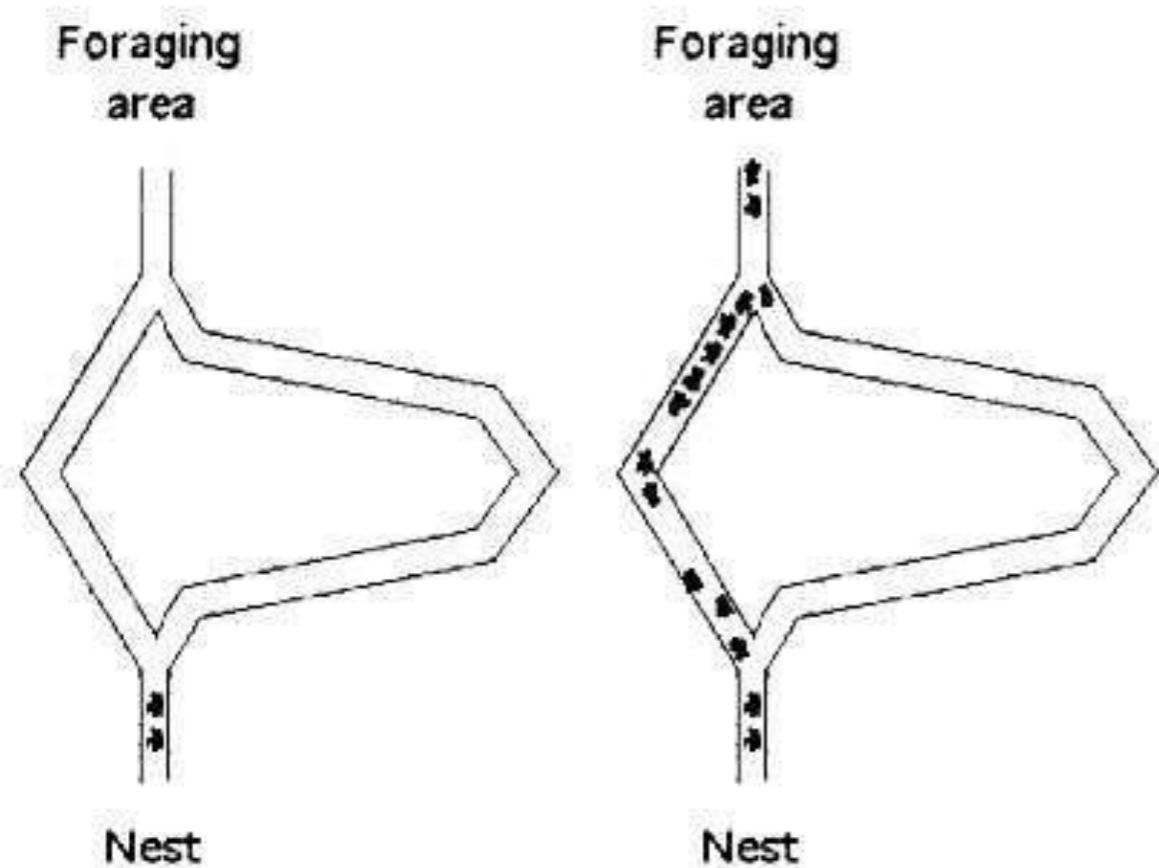
- Agents perceive and act based only on local information
- Agents cooperate by means of local information
- Information propagates through the entire swarm
- This interaction results in distributed collective problem-solving



COMPUTATIONAL SWARM INTELLIGENCE

ANT COLONY OPTIMIZATION

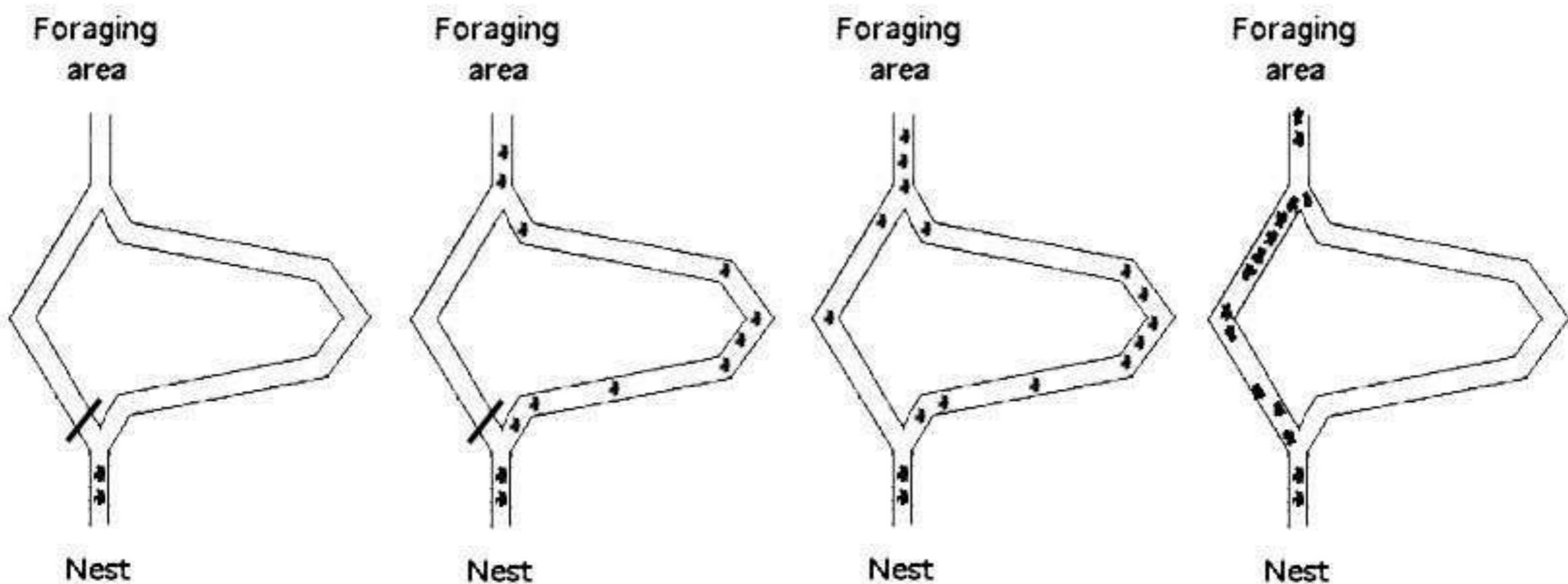
- Mimics the navigation strategy used by foraging ants (Dorigo et al., 1991)
 - At first: ants move at random (\rightarrow exploration)
 - Later, ants deposit pheromones to “reinforce” the path-following along some specific “good” trails
 - Pheromones along a trail evaporate when that trail is not followed anymore
 - Indirect agent communication of search experience via the environment (**stigmergy**)
- Typically applied to TSP and other combinatorial (graph-based) problems



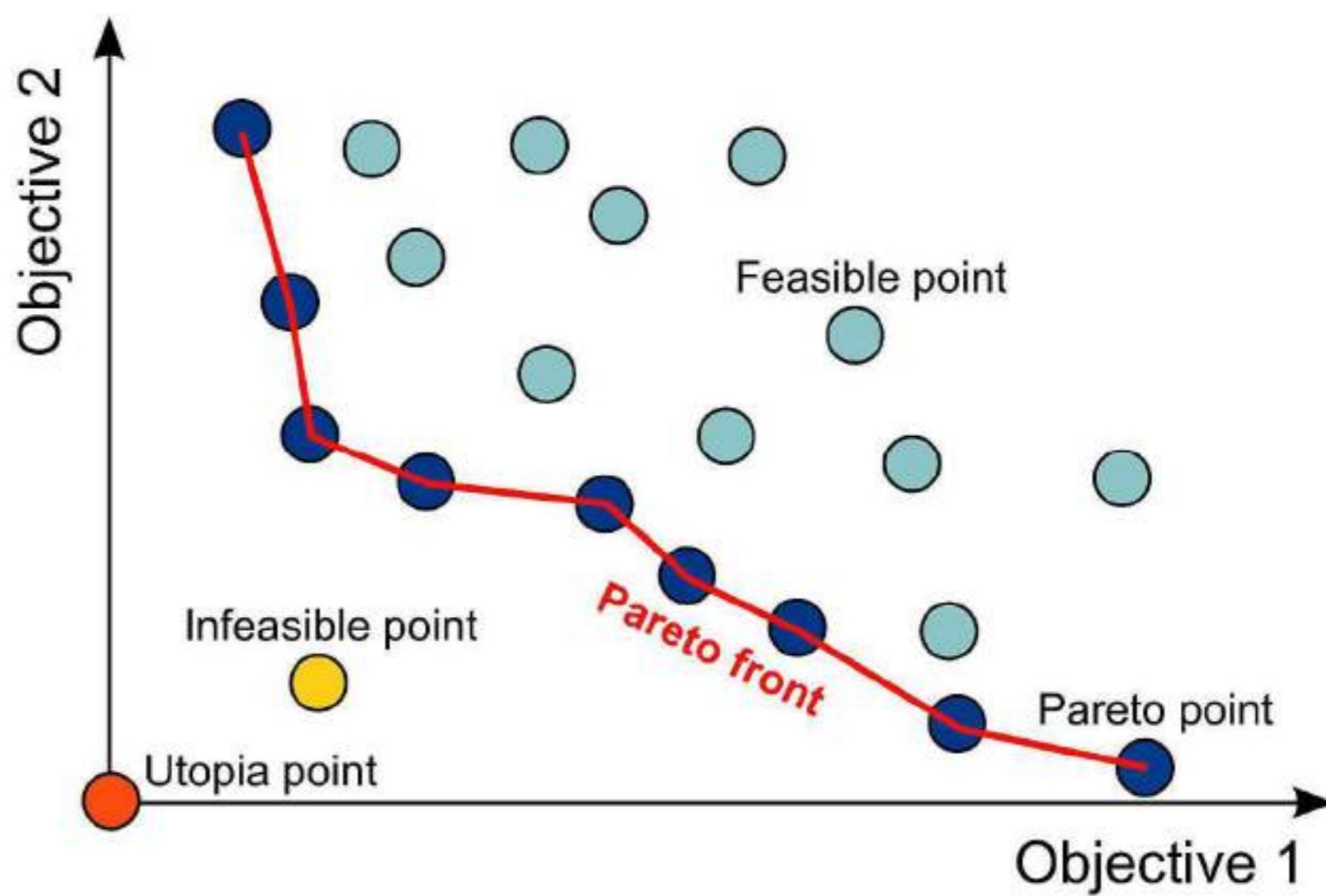
COMPUTATIONAL SWARM INTELLIGENCE

ANT COLONY OPTIMIZATION

- Notes on algorithmic performance
 - Finds best solution on “small” problems (e.g. TSP of up to 30 cities)
 - Finds good solutions on large problems compared to other techniques
 - Finds best solution on large problems when coupled with other search techniques
 - Can operate on dynamic problems (e.g., node malfunctioning) that require fast rerouting (ant trails are adaptive!)



Multi-Objective Optimization



MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS (MOPS)

A wide range of problems (virtually *all* real-world problems) are characterized by the presence of a number of n possibly conflicting objectives, e.g.:

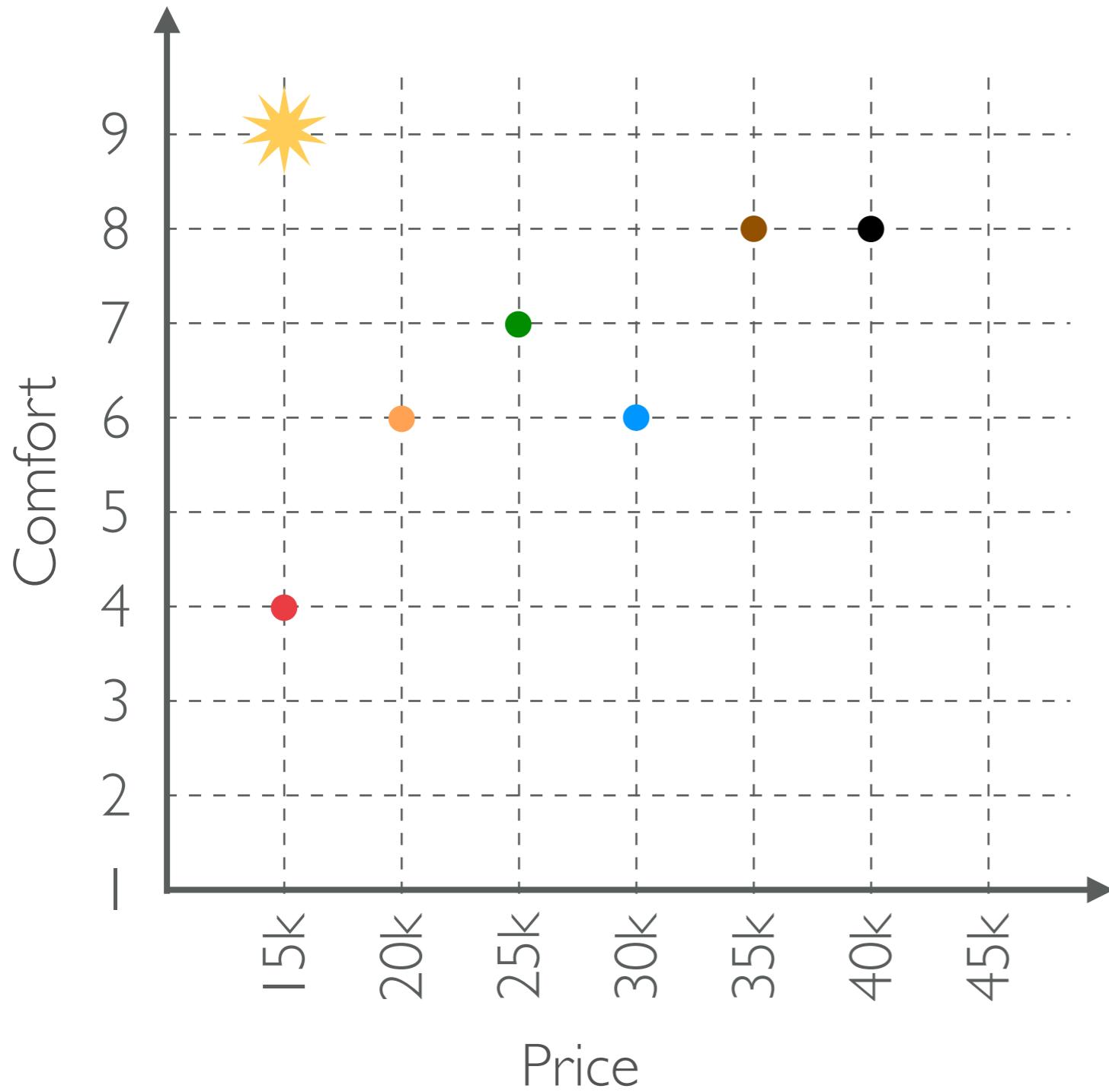
- buying a car: comfort vs price
- buying a house: location vs size vs quality vs price
- choosing a job: location vs salary vs flexibility vs duration of the contract
- engineering design: lightness vs strength

For instance, when we buy a car, we would like the car to be as cheap as possible (minimize cost) and as comfortable as possible (maximize comfort). If we consider the two objectives separately, we'll probably obtain two different optimal solutions. BUT, neither of them is likely what we want...



MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS (MOPS)



Car	Price	Comfort
A	15k	4
B	20k	6
C	25k	7
D	30k	6
E	30k	8
F	40k	8

... what if there was a car
with cost 15k and comfort 9?

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

CONVENTIONAL APPROACHES (“A PRIORI” METHODS)

Characterized by the fact that some decisions must be made *a priori*, i.e. *before optimization*, in order to solve the MOP as (one or more) single-objective problems.

I. **Scalarization:** different objectives are combined into one (non-)linear function.

E.g. (for two objectives f_1 and f_2):

$$f = a \times f_1 - (1-a) \times f_2$$

$$f = (f_1 + 1.0/f_2)$$

$$f = f_1^a \times f_2^{(1-a)}$$

...

The most common scalarization function is a weighted sum of the objectives: $f = w_1 \times f_1 + w_2 \times f_2 + \dots$

Important to take into account:

- how each objective increases/decreases when f is minimized or maximized
- different orders of magnitudes for each objective → magnitude of weights is crucial!
- different weights correspond to different rankings (importance) of the objectives
- this approach corresponds to an a priori restriction of the fitness space, i.e., in order to find different trade-off solutions the problem must be solved with different weights w_i

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

CONVENTIONAL APPROACHES (“A PRIORI” METHODS)

2. **Lexicographic ordering:** the objectives $\langle f_1, f_2, \dots, f_k \rangle$ are ranked in a user-defined order of importance, so that f_1 is the most important and f_k is the least important. Then a sequence of single-objective optimization problems is solved, where first f_1 is optimized (ignoring f_2, \dots, f_k) to get an optimum f_1^* , then f_2 is optimized imposing a constraint $f_1 \leq f_1^*$ (in case of maximization), then f_3 is optimized with constraints $f_1 \leq f_1^*$ and $f_2 \leq f_2^*$, and so on so forth.
3. **ϵ -constraint method:** k single-objective optimization problems are solved separately, one for each objective, imposing for each problem $k-1$ constraints corresponding to the other $k-1$ problems, i.e. $f_j \leq \epsilon_j$ where ϵ_j are user-defined thresholds.

Some questions to ask:

- 1) How should the single objectives be ranked?
- 2) What is the effect of ranking on the resulting trade-off?
- 3) Is it possible to consider all the objectives simultaneously?



Vilfredo Pareto,
*Manual of Political
Economy*, 1896



V. Pareto

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS (MOPS)

SCALARIZATION (MAXIMIZATION)

$$f = (40k - \text{price}) + 10k \times \text{comfort}$$

$$25k + 40k = 65k$$

$$20k + 60k = 80k$$

$$15k + 70k = 85k$$

$$10k + 60k = 80k$$

$$\underline{10k + 80k = 90k} \quad \text{Optimum: E}$$

$$0 + 80k = 80k$$

$$f = (40k - \text{price}) + 1k \times \text{comfort}$$

$$\underline{25k + 4k = 29k} \quad \text{Optimum: A}$$

$$20k + 6k = 26k$$

$$15k + 7k = 22k$$

$$10k + 6k = 16k$$

$$10k + 8k = 18k$$

$$0 + 8k = 8k$$

Car	Price	Comfort
A	15k	4
B	20k	6
C	25k	7
D	30k	6
E	30k	8
F	40k	8

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION PROBLEMS (MOPS)

LEXICOGRAPHIC ORDERING

Price more important than comfort

1. Minimize price: {A}
2. Maximize comfort in {A}: A

Optimum: A

Comfort more important than price

1. Maximize comfort: {E, F}
2. Minimize price in {E, F}: E

Optimum: E

ε -CONSTRAINT METHOD

- Minimize price (s.t. comfort ≥ 7): {C, E, F}
- Maximize comfort (s.t. price $< 30k$): {A, B, C}

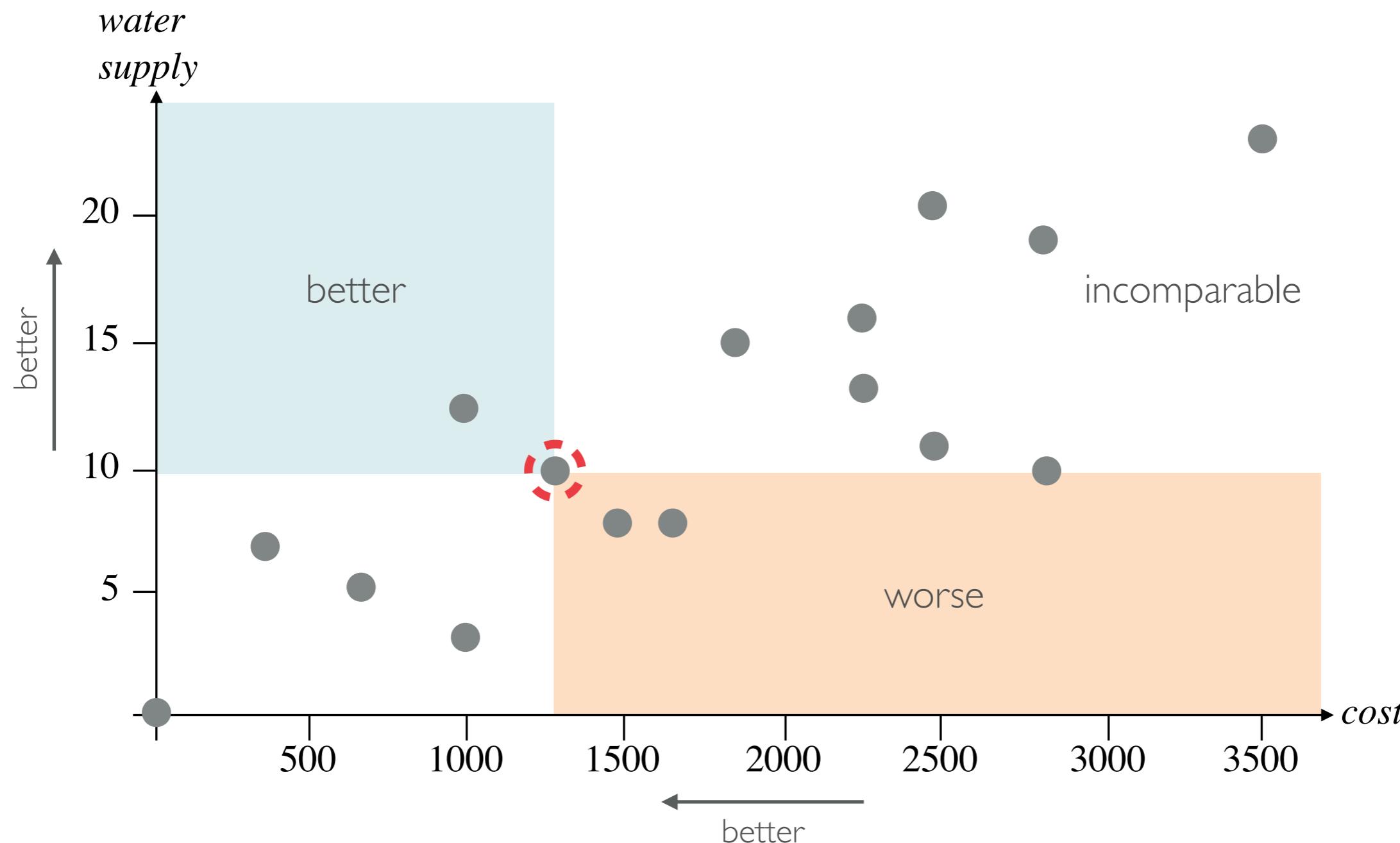
Optimum: C

Car	Price	Comfort
A	15k	4
B	20k	6
C	25k	7
D	30k	6
E	30k	8
F	40k	8

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

PARETO-DOMINANCE

Given a certain solution, we can identify solutions that are certainly better (worse) than it, i.e. they are better (worse) for all objectives, or solutions that are “incomparable”, i.e. they are better w.r.t. at least one objective, but worse w.r.t. to the others.

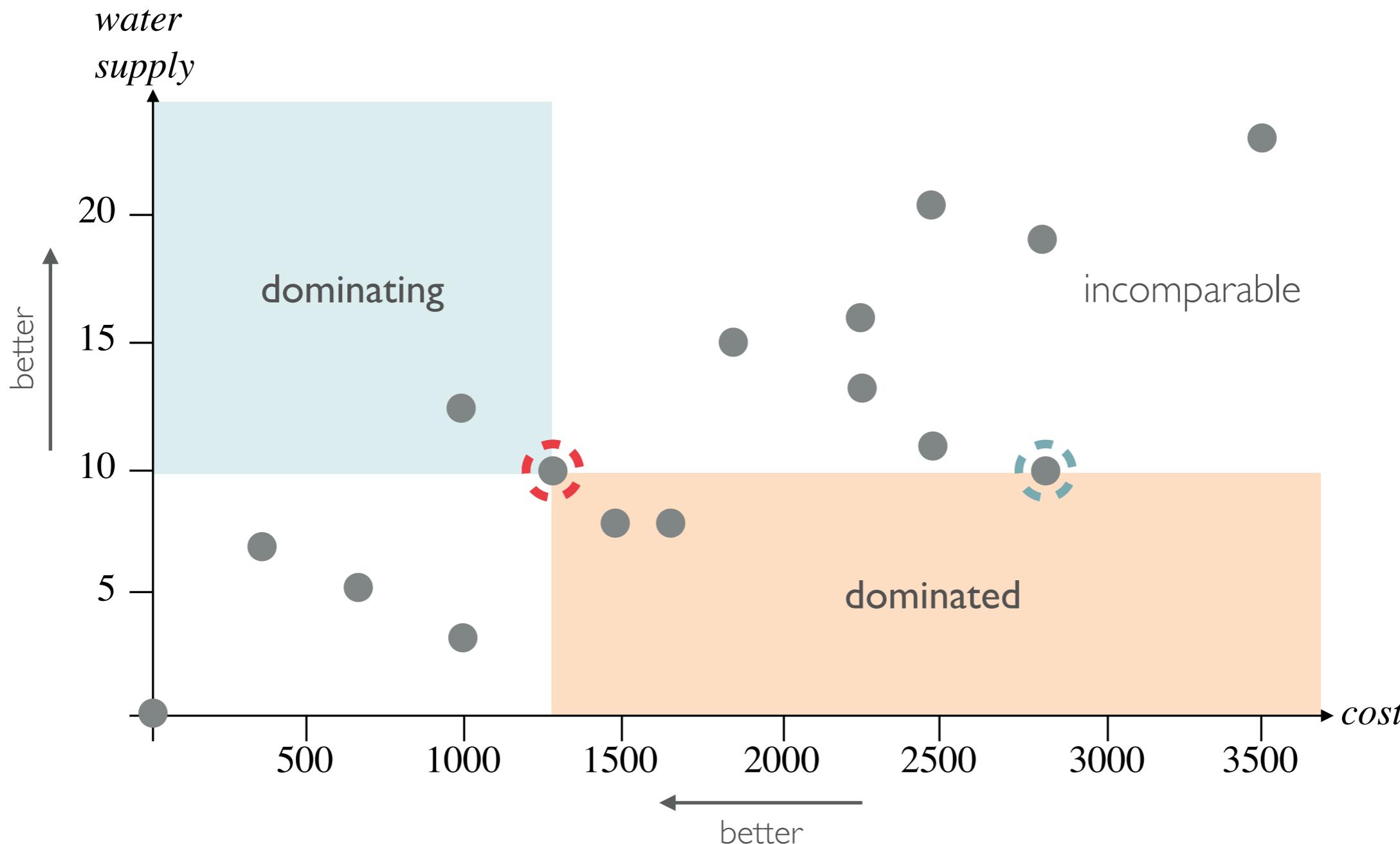


MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

PARETO-DOMINANCE

Definition: A solution i is said to “Pareto-dominate” a solution j if (both conditions must hold!):

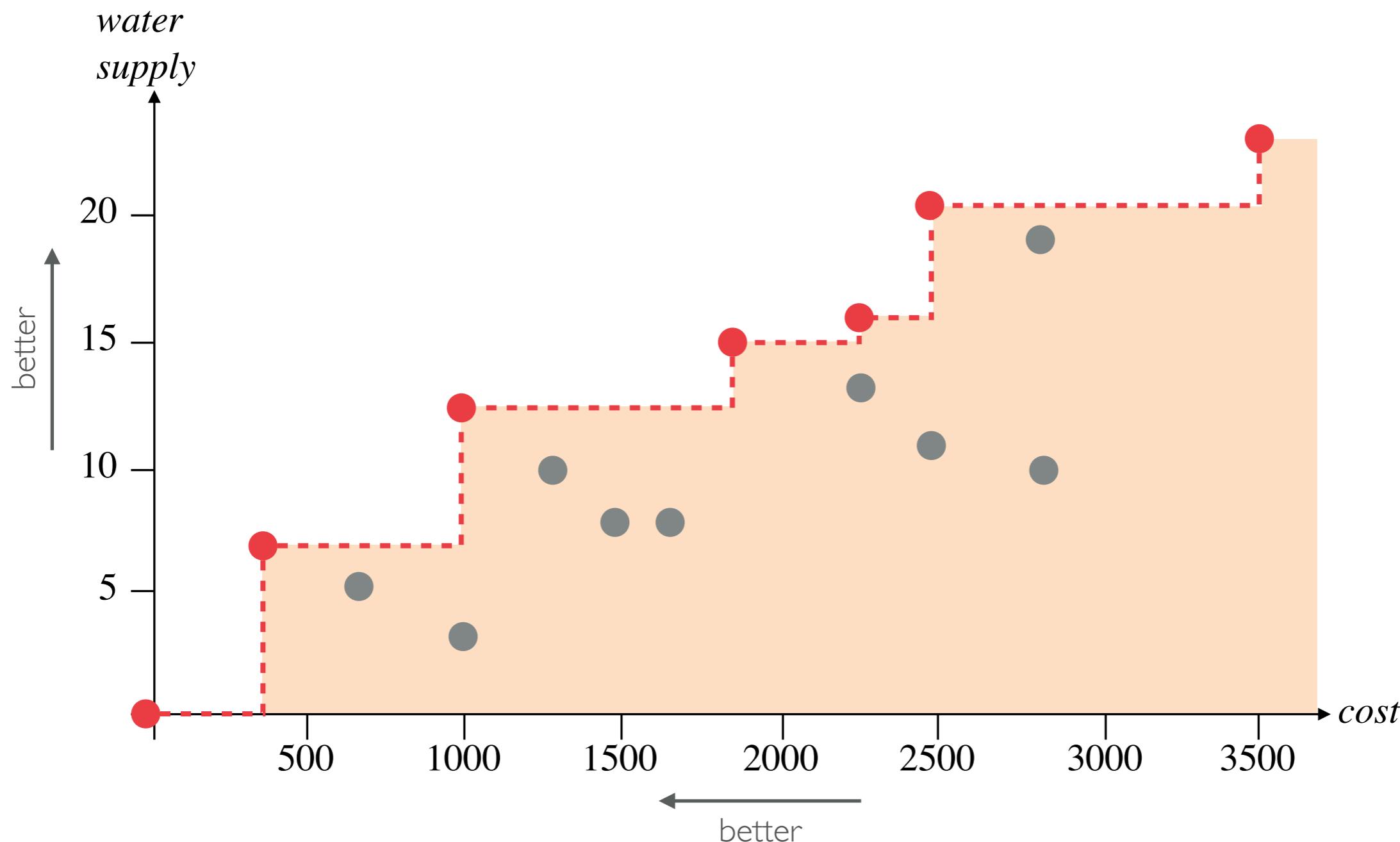
- i no worse than j **on all objectives**
- i is better than j **on at least one objective**



MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

PARETO-DOMINANCE

There is no single optimal solution, BUT: some solutions (red dots) are better than all others (gray dots). These solutions are exactly those that are **not dominated** by any others. They form the so-called **non-dominated (Pareto) front**.

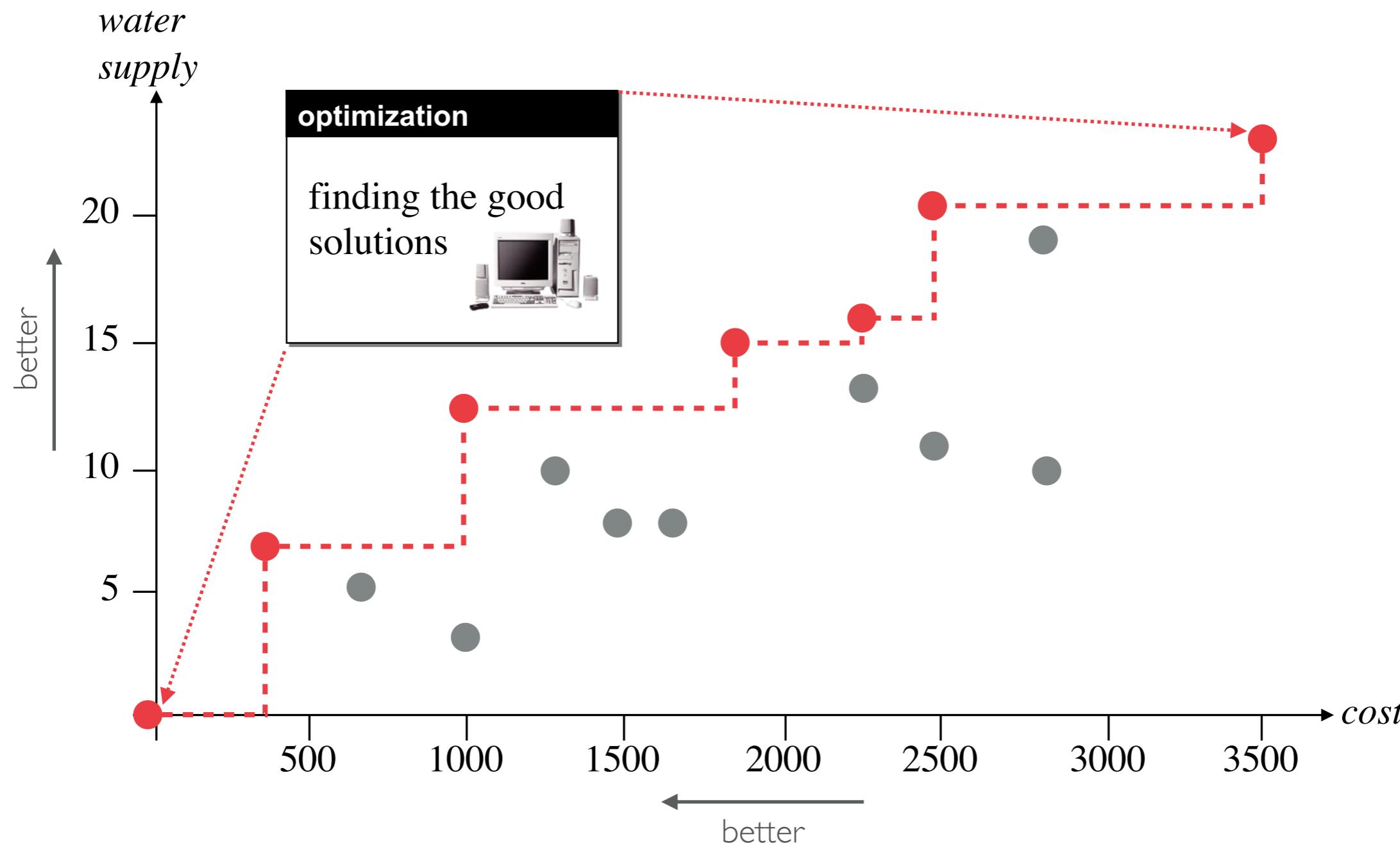


MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION (MOO) VS MULTI-CRITERIA DECISION MAKING (MCDM)

Multi-objective optimization problems (MOPs) are usually solved in two steps:

- I. Find the “good” solutions, i.e. the solutions belonging to the Pareto front (optimization)

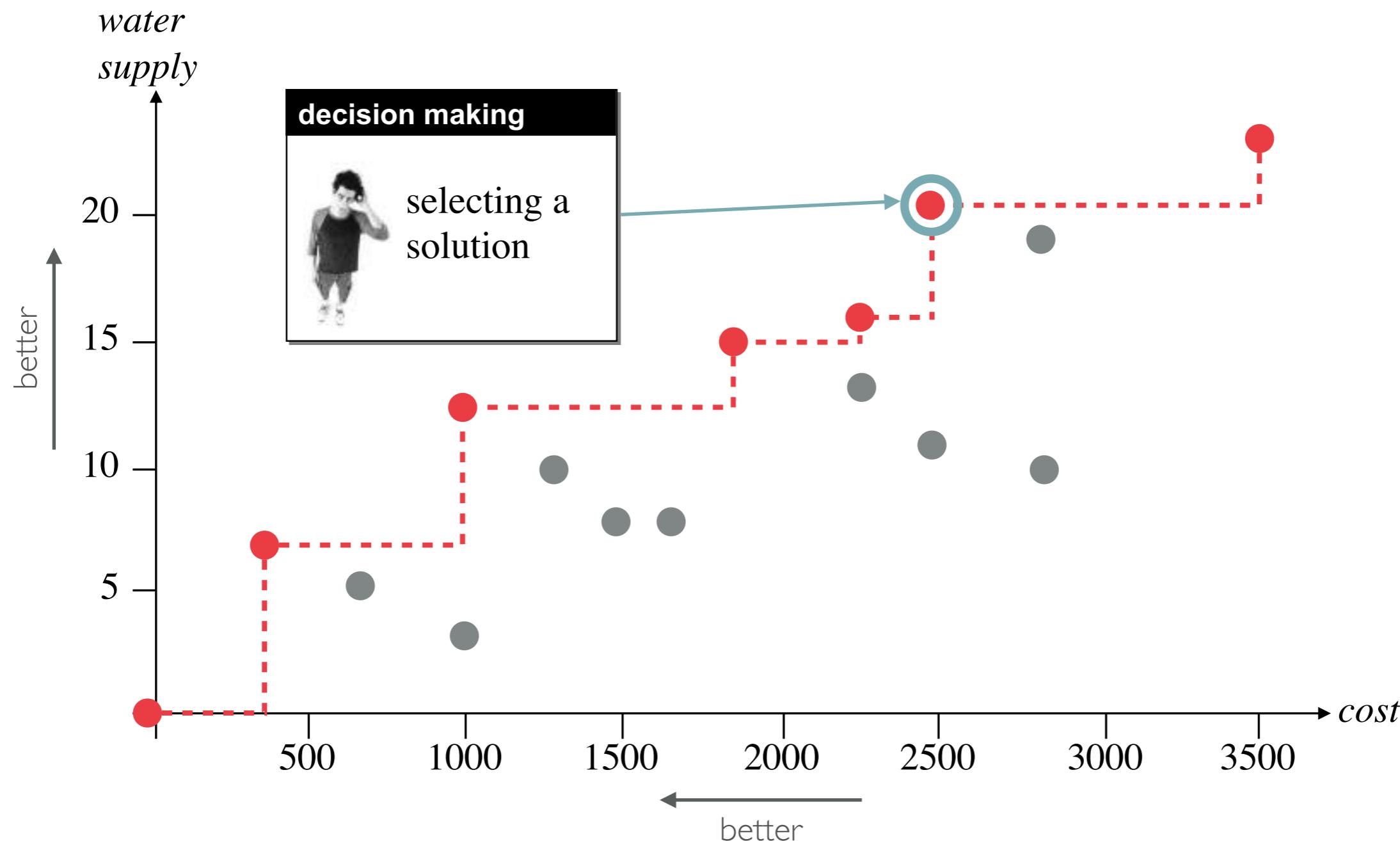


MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION (MOO) VS MULTI-CRITERIA DECISION MAKING (MCDM)

Multi-objective optimization problems (MOPs) are usually solved in two steps:

2. Select the solution that is needed for the particular interest (decision making)



MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

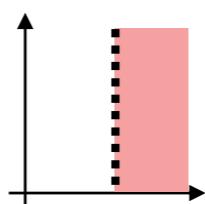
WHEN TO MAKE A DECISION

The main difference between “*a priori*” methods (scalarization, lexicographic method) and “*a posteriori*” methods (based on Pareto dominance) is when decisions about a problem are made: *before* or *after* optimization.

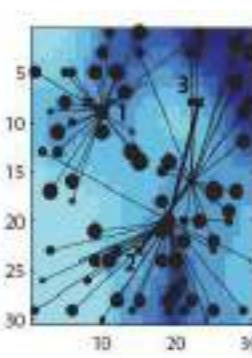
Before Optimization:



rank objectives,
define constraints,...



search for one
solution



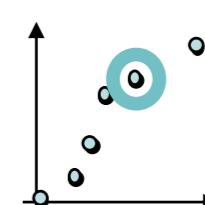
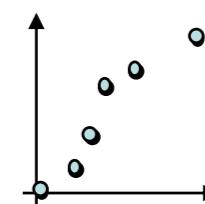
After Optimization:



search for a set of
(Pareto-optimal)
solutions



select one solution
considering
constraints, etc.



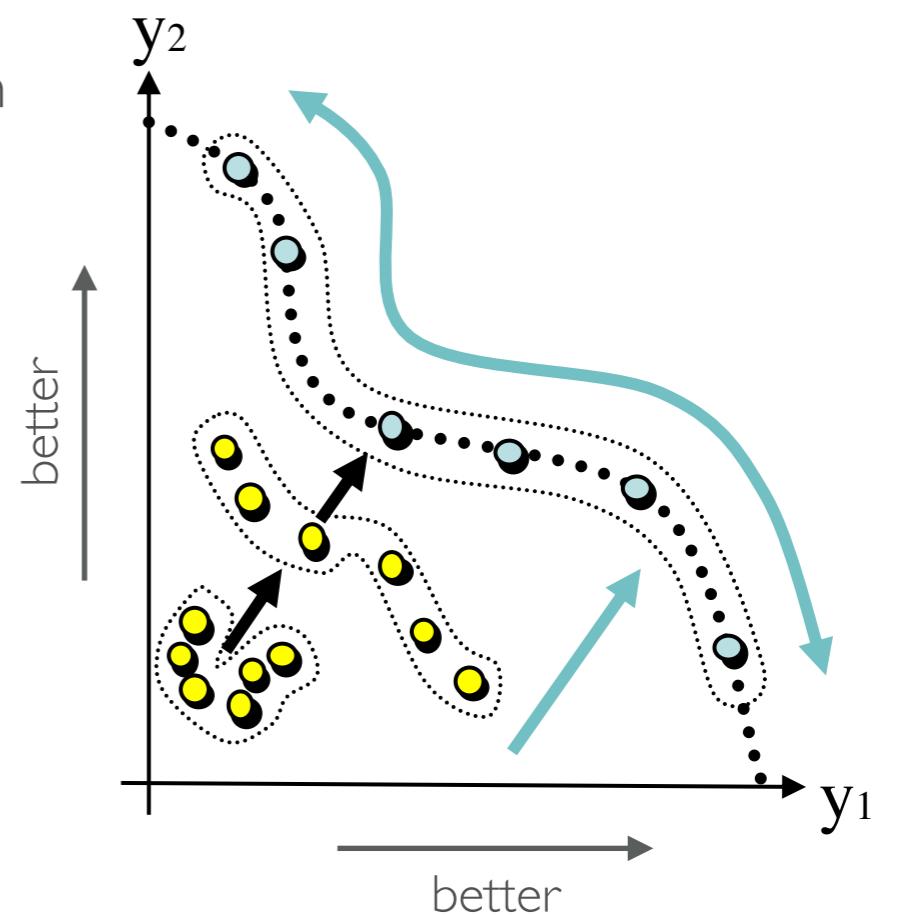
Focus: learning about a problem

- trade-off surface
- interactions among criteria
- structural information

MULTI-OBJECTIVE OPTIMIZATION

NON-DOMINATED SORTING GENETIC ALGORITHM-II (NSGA-II or NSGA-II)

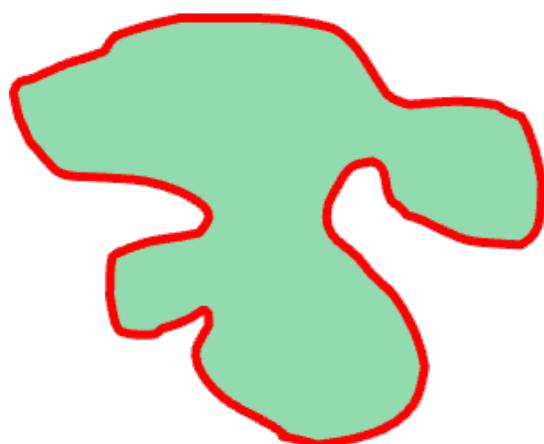
- Originally proposed by Deb et al. in 2002, it represents a milestone in multi-objective optimization.
- Main features
 - Typically used for binary or real-valued representations
 - The genetic operators (mutation and crossover) are essentially the same used for single-objective optimization
 - The selection mechanism (with **elitism**) is composed of two parts:
 - 1) Pareto rank based on **non-dominated sorting**, to select the non-dominated solutions according to their dominance levels
 - 2) **crowding-distance sorting** to prefer “isolated” solutions to better represent the Pareto front
→ acts also as a diversity preservation mechanism
- Applied widely and successfully, but like other multi-objective evolutionary algorithms its performance breaks down as the number of objectives increases (curse of dimensionality!)



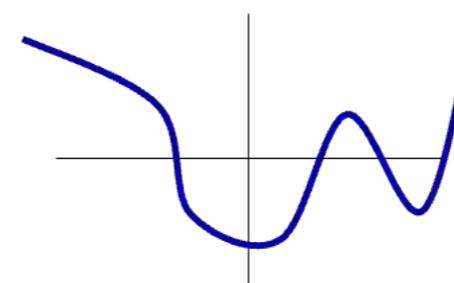
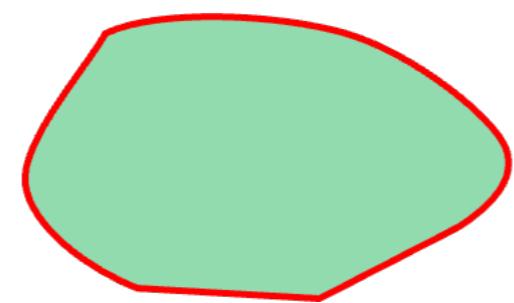
WHAT WE HAVE SEEN SO FAR APPLIES TO...

NONLINEAR PROGRAMMING

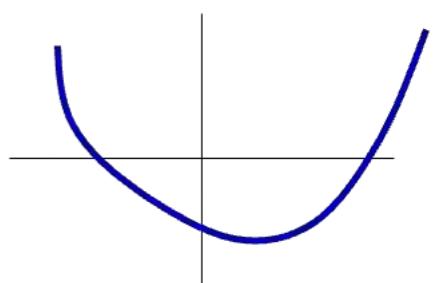
- The most general optimization problem occurs when both the objective function and constraints are nonlinear/non-convex, a case referred to as nonlinear programming (NLP).
- No specific methods for this class of problems: in practice, one often falls back on metaheuristics (e.g., Simulated Annealing, Evolutionary Algorithms, etc.)
- To get an exact solution, “backtracking” search methods can be used, which recursively divide up the space into regions can be used. These are applicable if it is possible to compute informative “optimistic” bounds on the best solution within a region, e.g., by linear approximations.



but
not



but
not

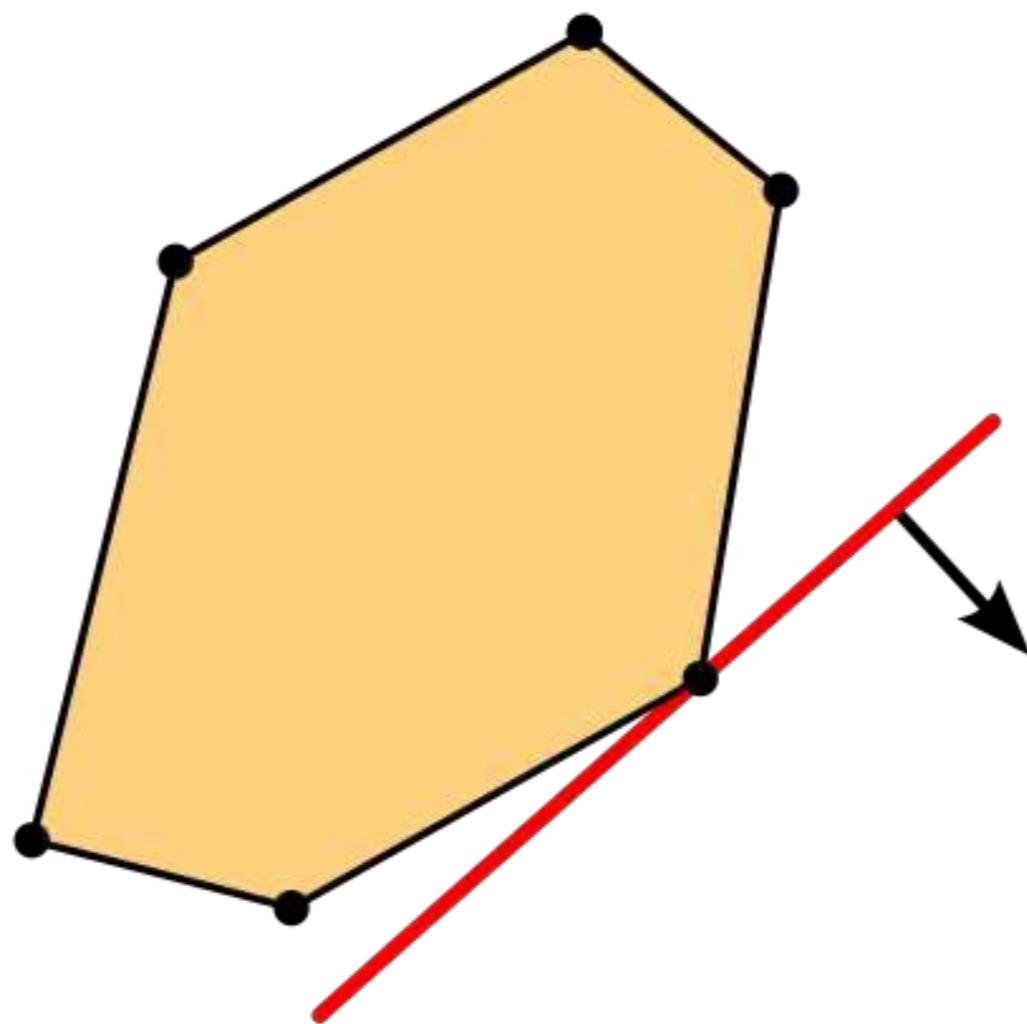


OPTIMIZATION

SPECIAL CLASSES OF OPTIMIZATION PROBLEMS

Name	Vars	Constraints	Objective
Constraint Programming (CP)	discrete	any	N/A
Linear Programming (LP)	real	linear inequalities	linear function
Integer (Linear) Programming (IP/ILP)	integer	linear inequalities	linear function
Mixed Integer (linear) Programming (MIP/MILP)	integer & real	linear inequalities	linear function
Semidefinite Programming (SDP)	real	linear inequalities + semidefiniteness	linear function
Quadratic Programming (QP)	real	linear inequalities	quadratic function
Quadratically Constrained Quadratic Programming (QCQP)	real	quadratic inequalities	quadratic function
Convex Programming	real	convex region	convex function
Nonlinear Programming (NLP)	real	any	any

Linear programming

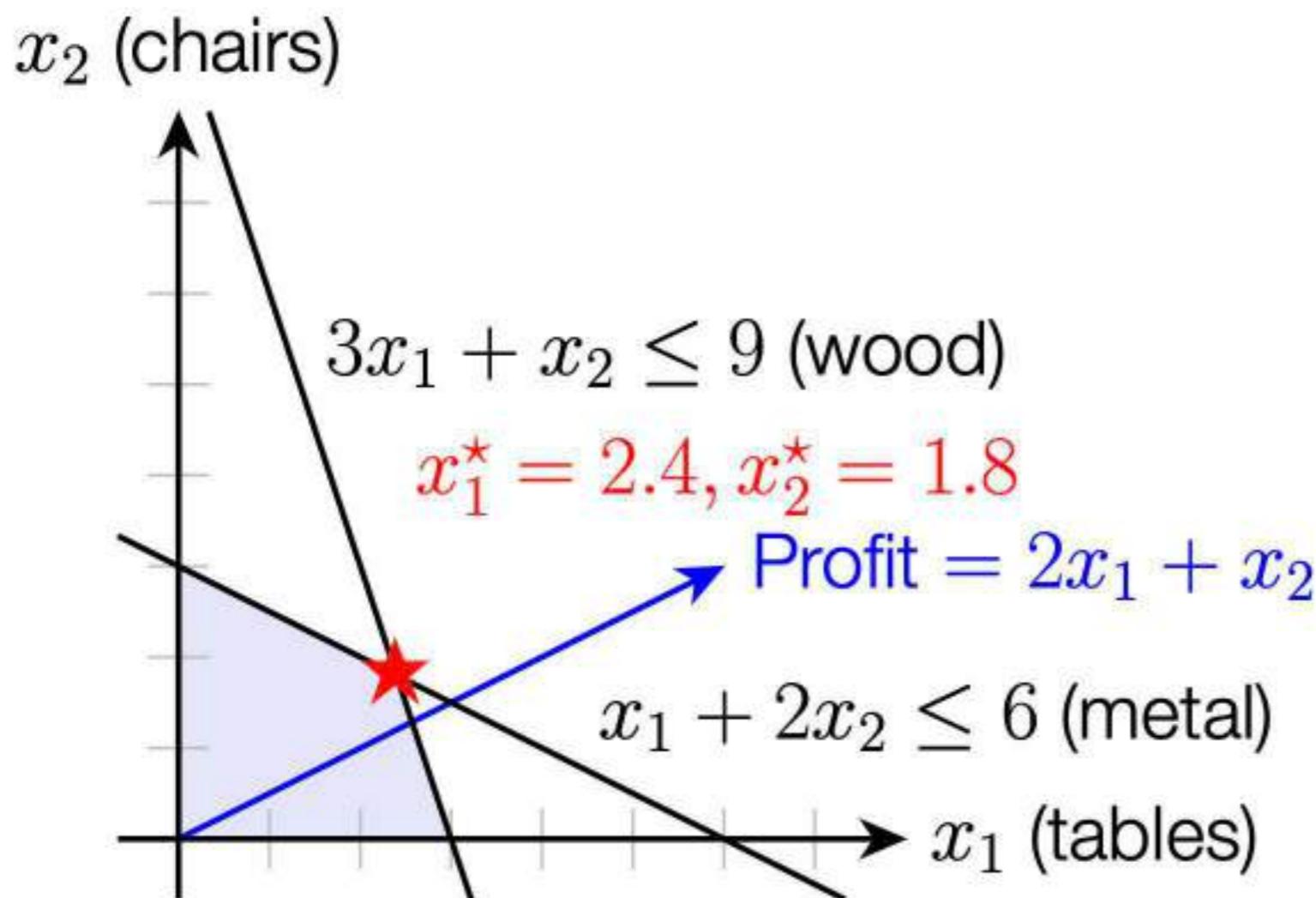


LINEAR PROGRAMMING

EXAMPLE: MANUFACTURING

A large factory makes tables and chairs. Each table returns a profit of 200 EUR and each chair a profit of 100 EUR. Each table takes 1 unit of metal and 3 units of wood and each chair takes 2 units of metal and 1 unit of wood. The factory has 600 units of metal and 900 units of wood.

How many tables and chairs should the factory make to maximize profit?

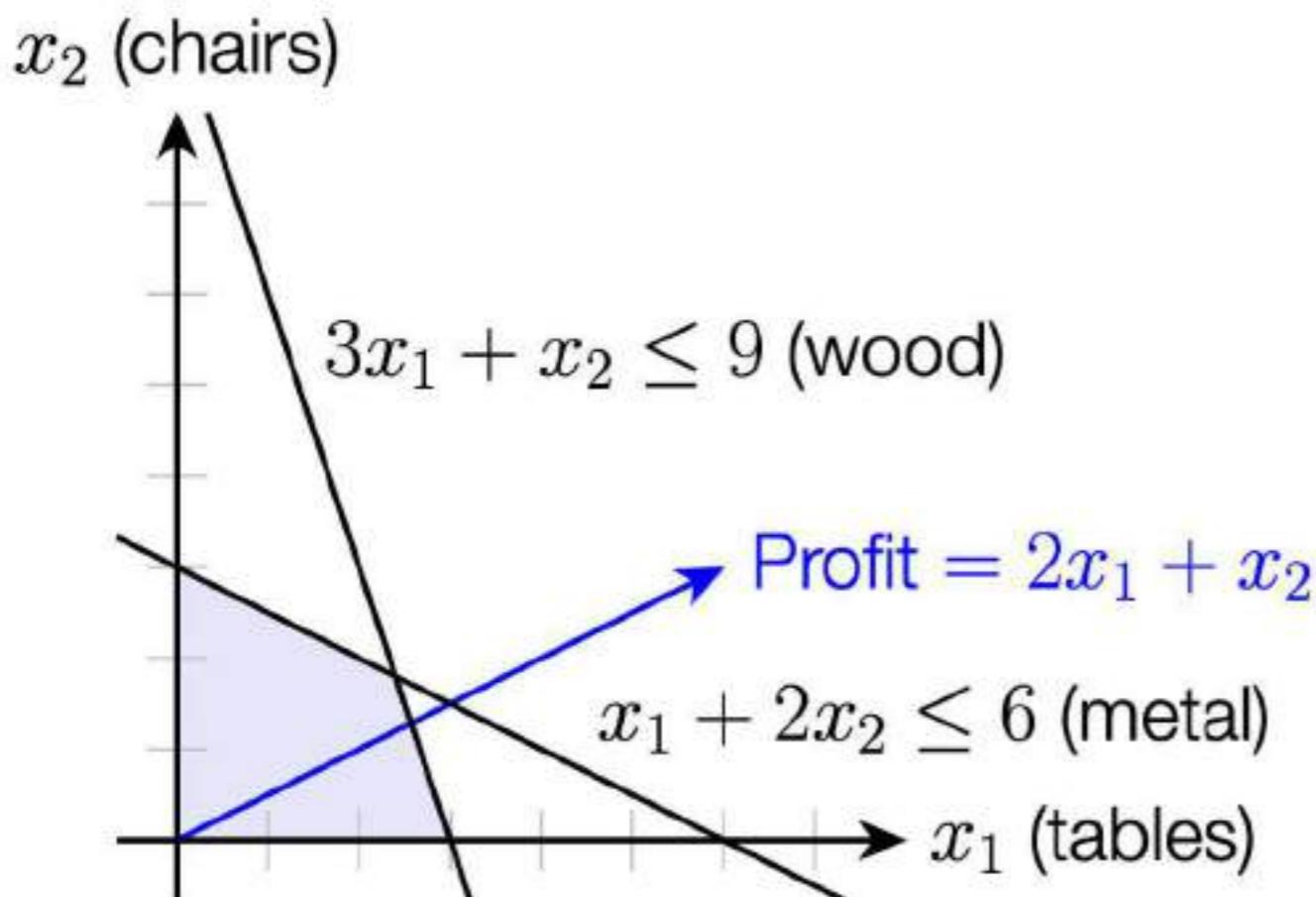


NOTE: $x(1)$ and $x(2)$
here are expressed in
hundreds

LINEAR PROGRAMMING

EXAMPLE: MANUFACTURING

We can write our manufacturing problem formally as:



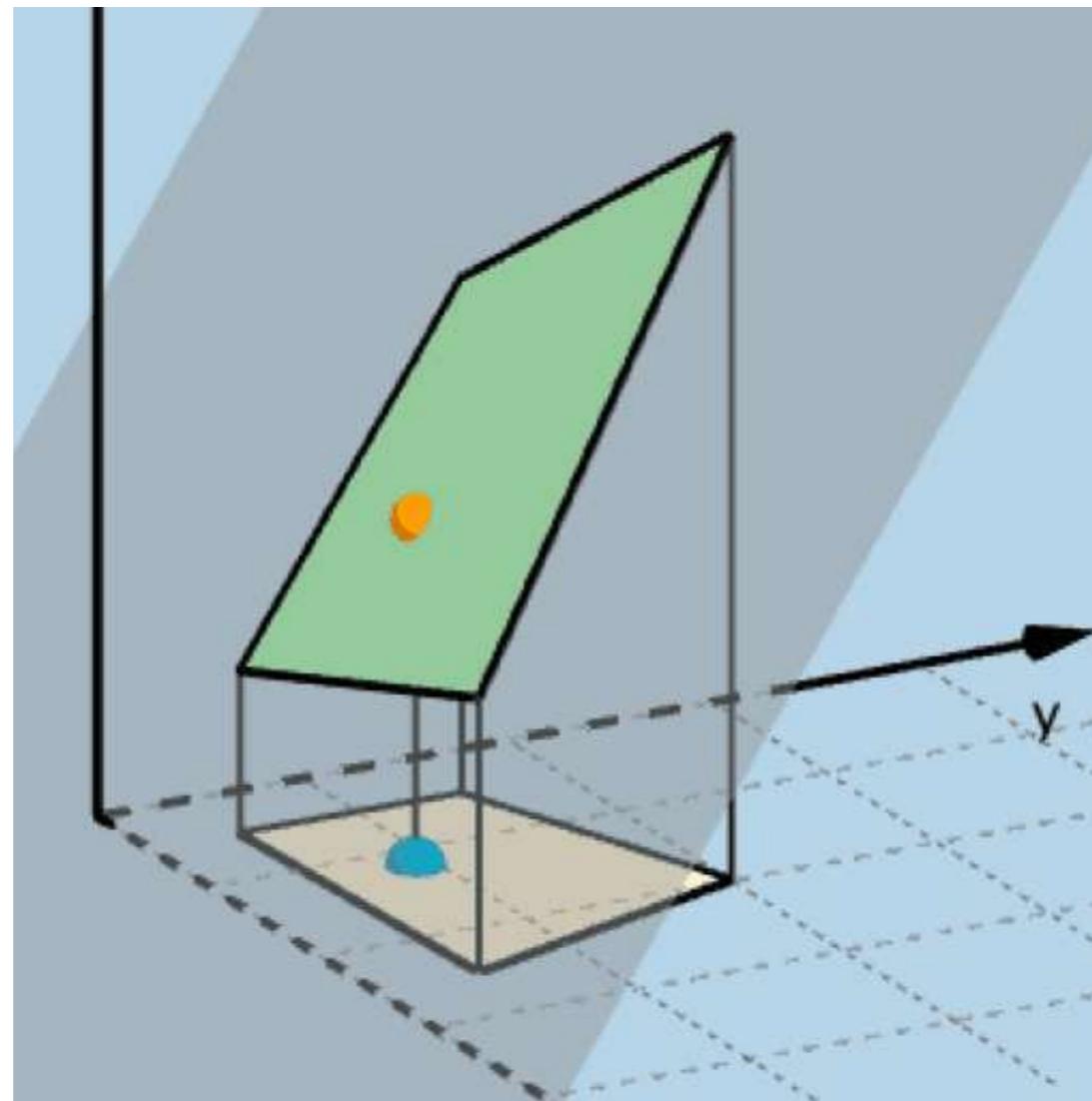
$$\begin{aligned} & \underset{x_1, x_2}{\text{maximize}} && 2x_1 + x_2 \\ & \text{subject to} && 3x_1 + x_2 \leq 9 \\ & && x_1 + 2x_2 \leq 6 \\ & && x_1, x_2 \geq 0 \end{aligned}$$

LINEAR PROGRAMMING

WHY “LINEAR PROGRAMMING”?

Linear: the objective functions and constraints are linear.

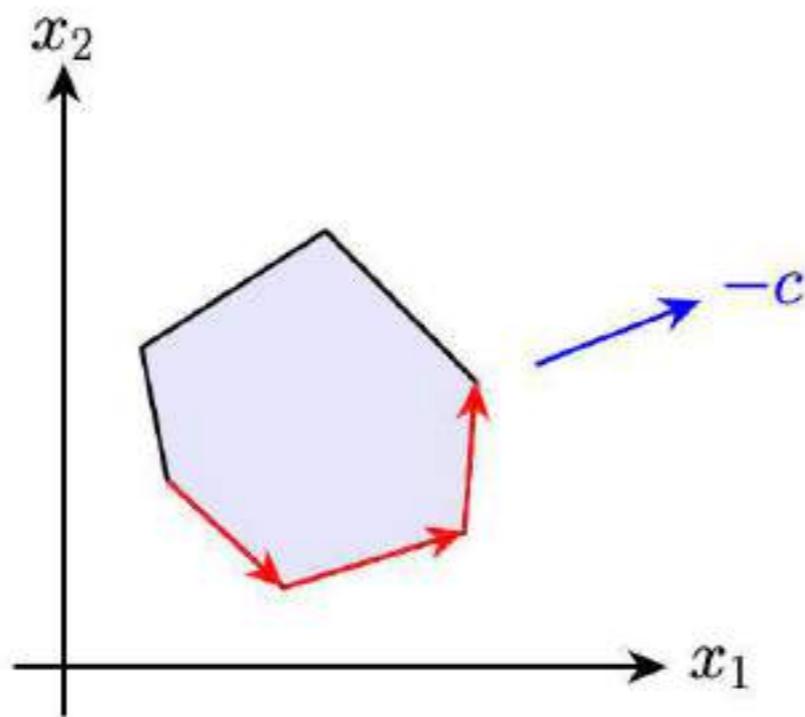
Programming: does not refer to computer programming but rather “planning” - planning of activities to obtain an optimal result i.e., it reaches the specified goal in the best possible way (according to the given mathematical model) among all feasible alternatives.



LINEAR PROGRAMMING

SIMPLEX ALGORITHM

Basic idea of the simplex algorithm is to move along the edges of the polytope from corner to corner, in directions of decreasing cost.



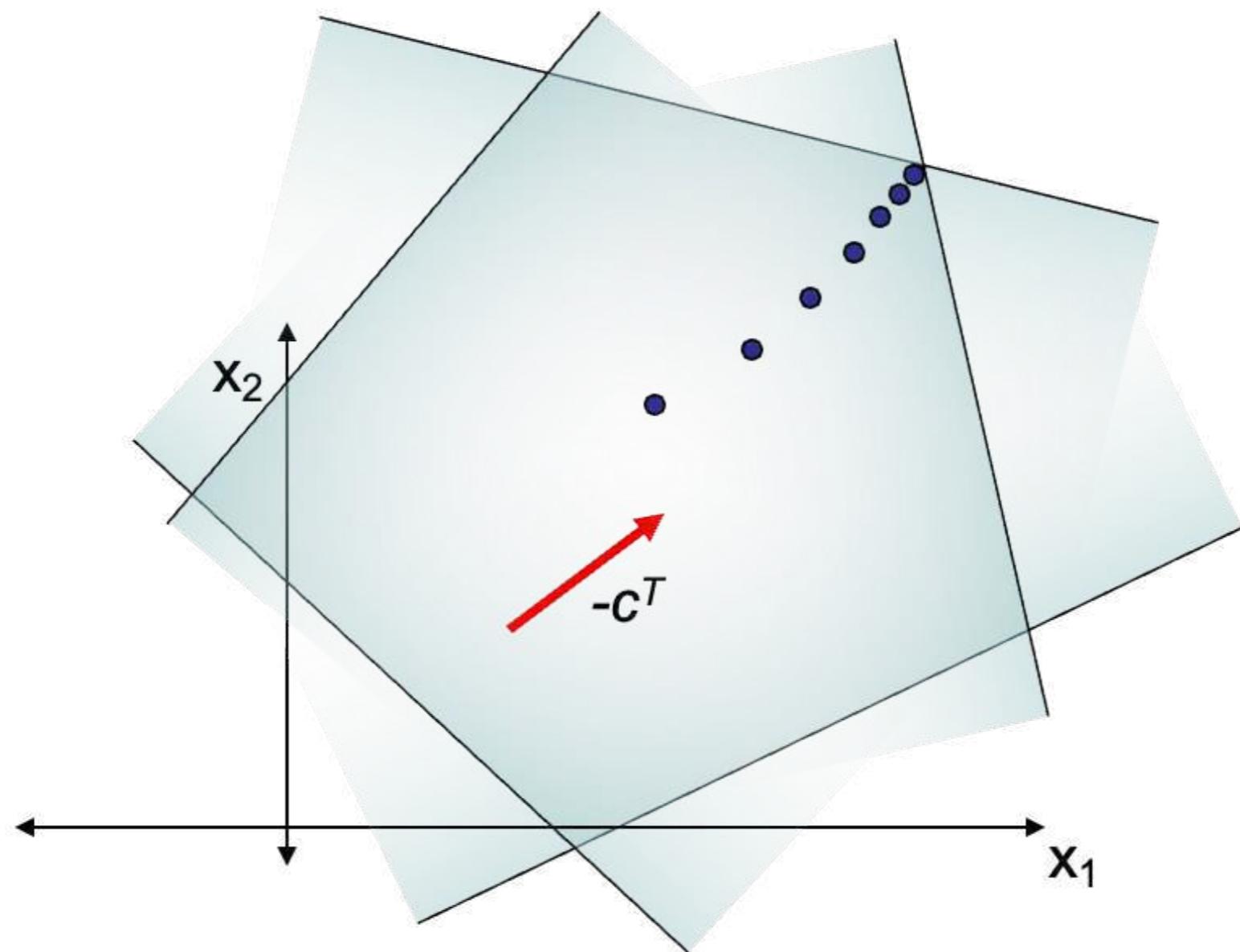
In worst case, move along an exponentially large number of corners, but typically much better in practice (the first “practical” algorithm for linear programming).

Guaranteed to find a globally optimal solution (ignoring some possible degenerate cases): if simplex returns, then it has found a point that cannot be further improved locally; since **linear programs are convex**, this is a global optimum. Since there are a **finite (but exponential) number of vertices** in the polytope, the algorithm must return after a finite number of steps, improving at each iteration.

LINEAR PROGRAMMING

ALTERNATIVES TO SIMPLEX

Interior point methods (they scale better than simplex)



LINEAR PROGRAMMING

MANY PROBLEMS AND APPLICATIONS CAN BE TACKLED BY LP

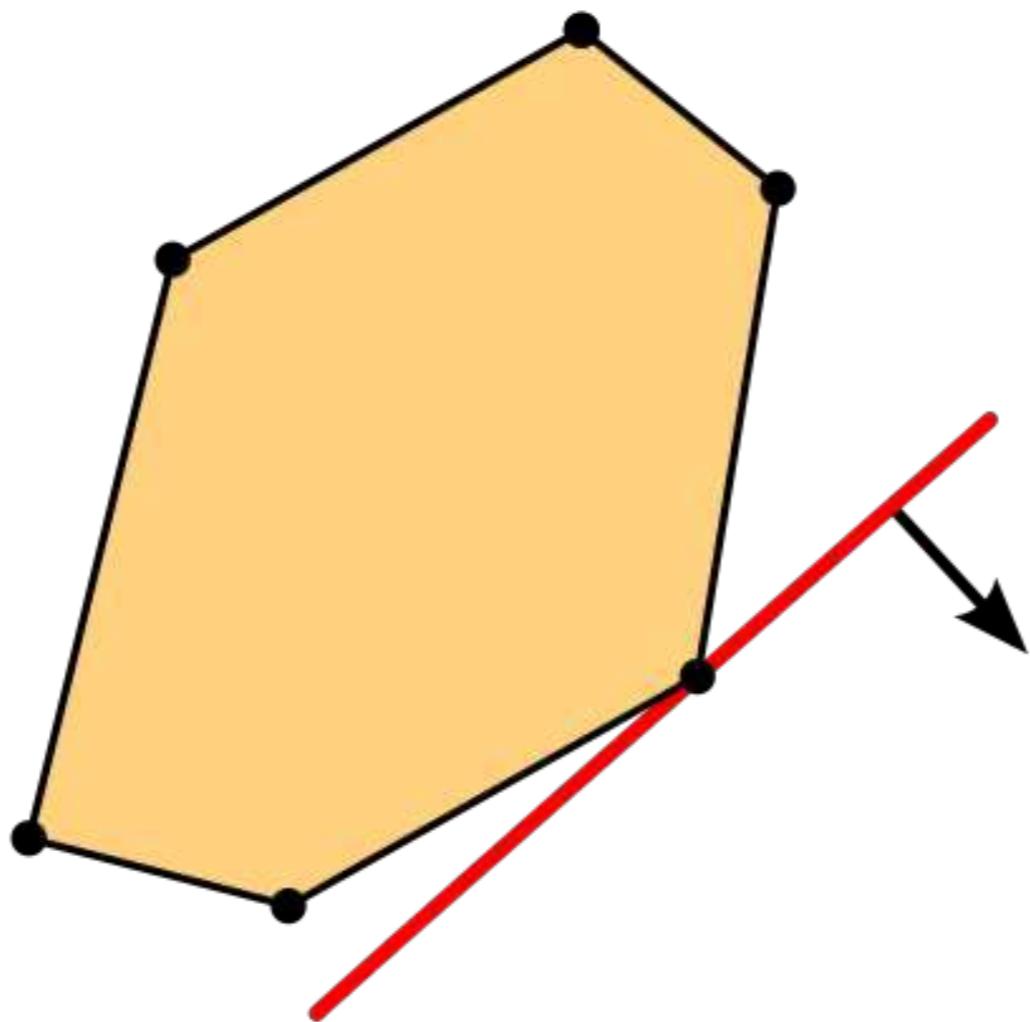
- Min-cut / max-flow network problems
- Resource allocation problems
- Cost-benefit trade-off problems
- Distribution network problems
- Economic portfolio optimization
- Robotic control
- Scheduling generation
- ... and much more!

Many commercial and open-source solvers available, see

https://en.wikipedia.org/wiki/Linear_programming

<https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/optimize.html#global-optimization>

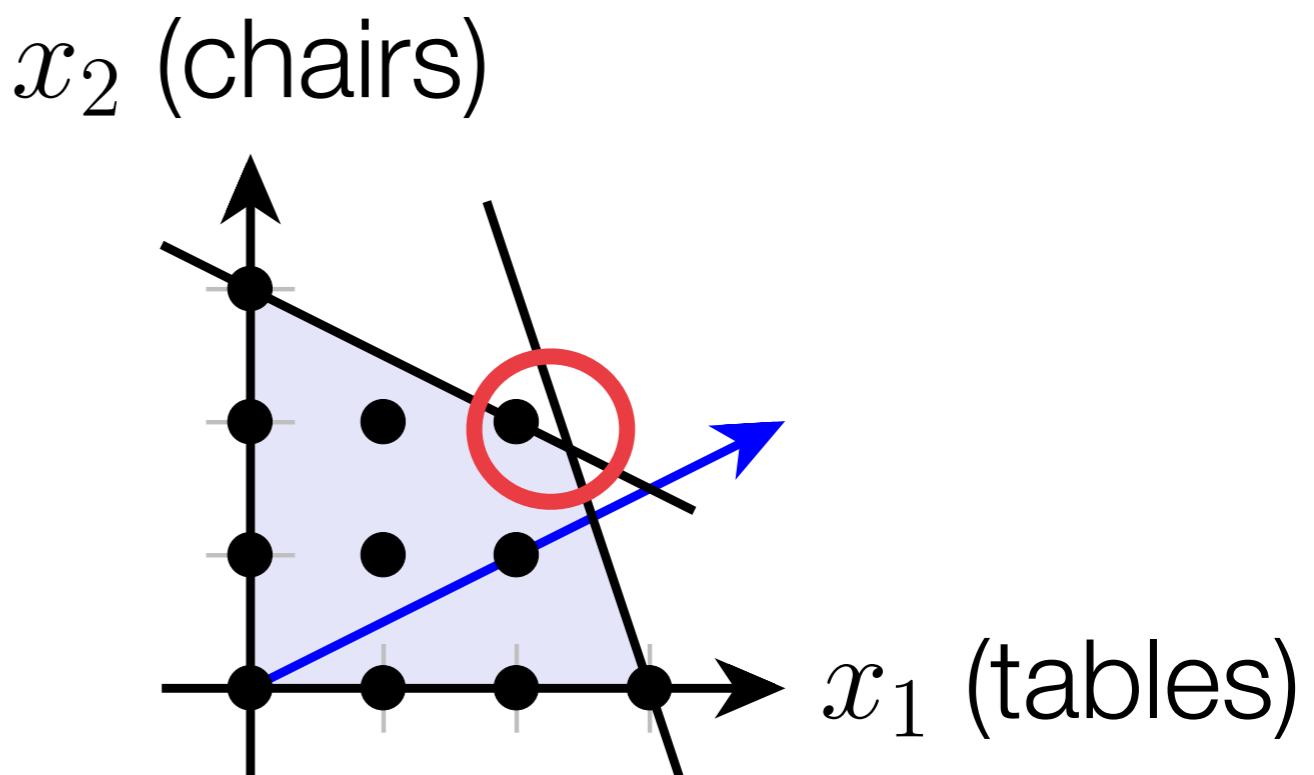
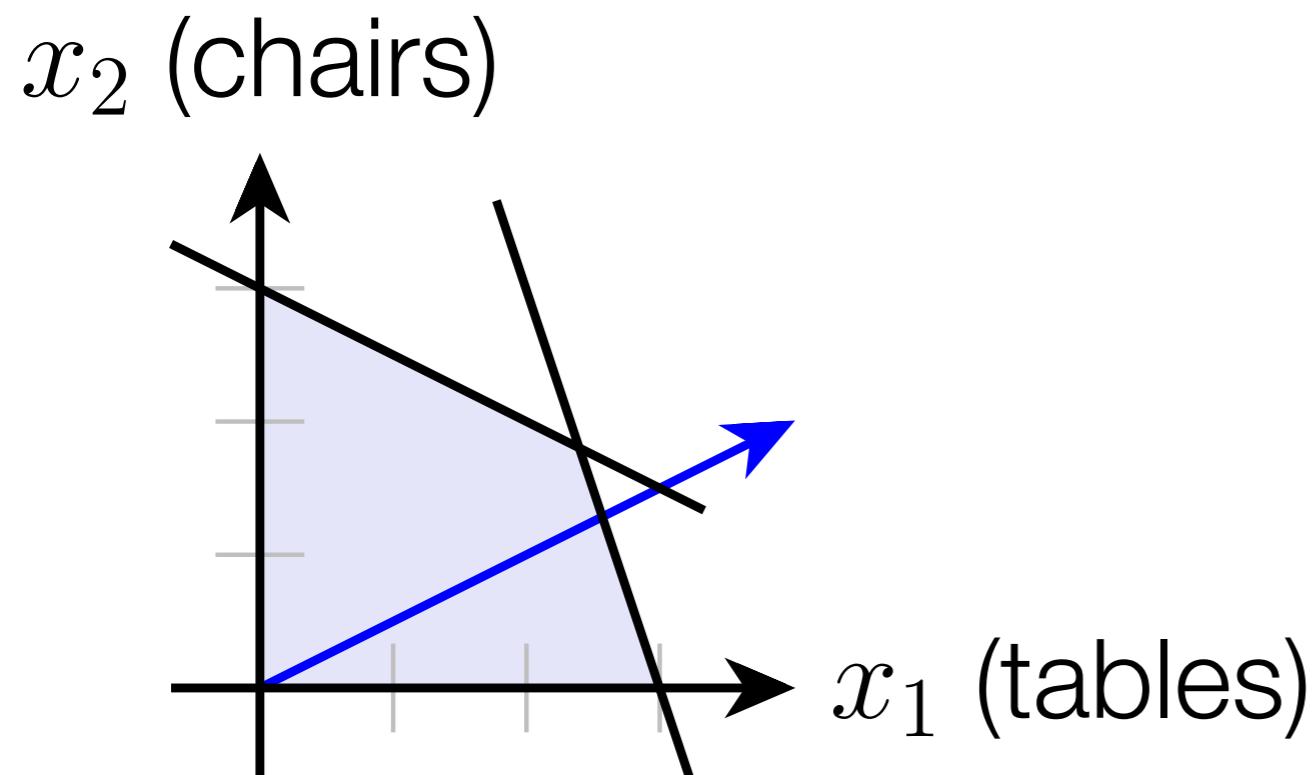
Integer programming



INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

EXAMPLE: MANUFACTURING

Let's consider the example seen in the previous lecture, but adding a constraint of integrality: x_1 and x_2 indicate batches of production that cannot be fractioned, i.e., x_1 and x_2 are integer values.

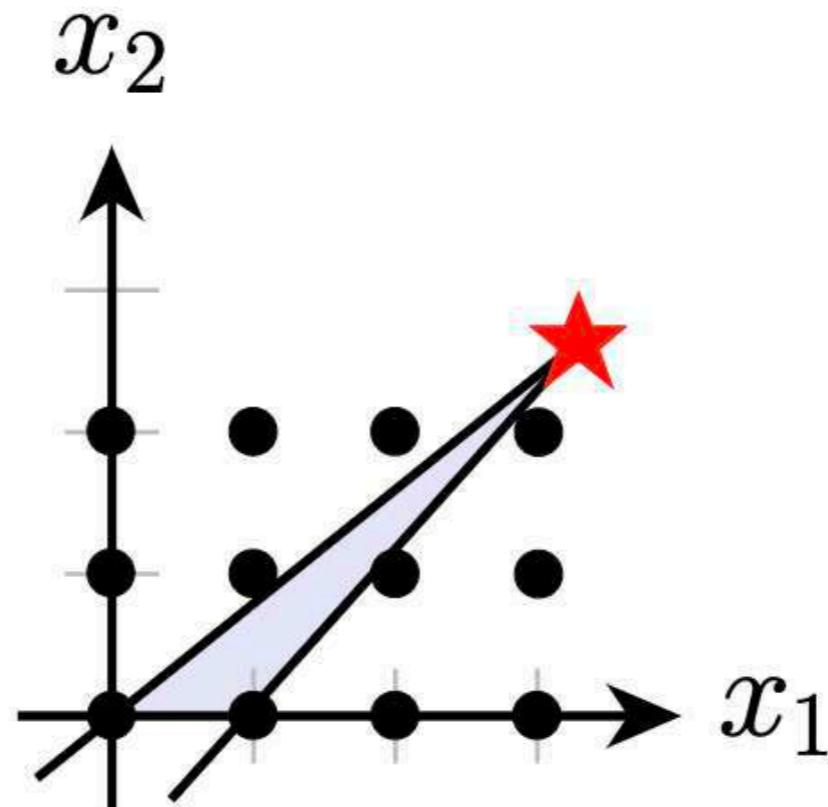


INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

CHALLENGES OF INTEGER PROGRAMMING

The above example was “easy” in that the rounded solution to the LP happened to also be a solution to the integer program.

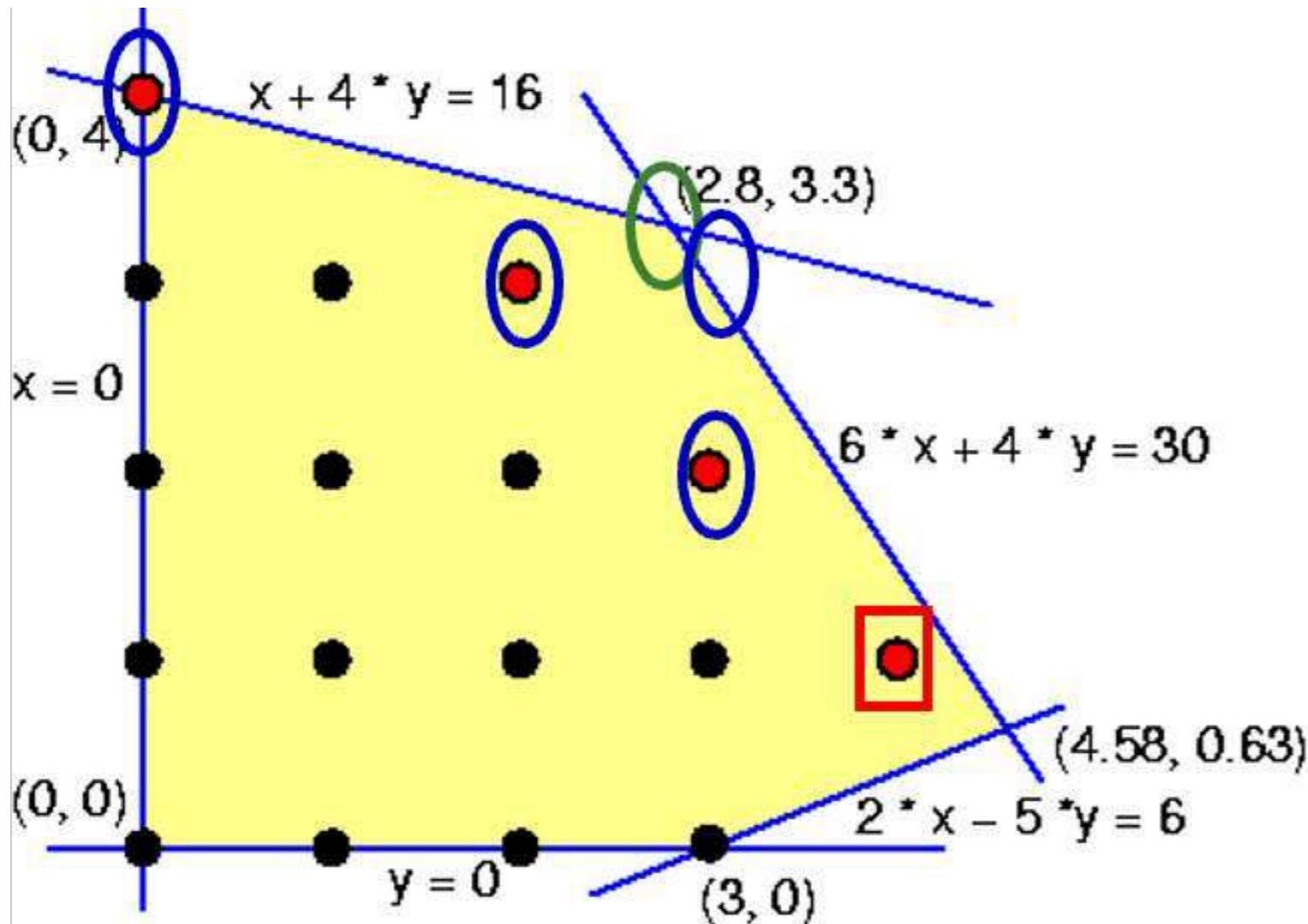
In general, integer solution can be arbitrarily far from the LP solution:



Can be hard to even find a feasible solution that is integer valued, e.g., imagine the task of finding an integer solution to some arbitrary set of linear equations $Ax = b$.

INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

CHALLENGES OF INTEGER PROGRAMMING



Round to nearest int (3,3)?
No, infeasible.

Round to nearest feasible
int (2,3) or (3,2)?
No, suboptimal.

Round to nearest integer
vertex (0,4)?
No, suboptimal.

INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

INEQUALITY FORM

An optimization problem like linear programming, except that variables are required to take on integer values:

$$\begin{aligned} & \underset{x}{\text{minimize}} \quad c^T x \\ & \text{subject to} \quad Gx \leq h \\ & \quad x \in \mathbb{Z}^n \text{ (integers)} \end{aligned}$$

Not a **convex problem**, because of integer constraint (set of all integers is not a convex set).

We can also consider **Mixed Integer (Linear) Programming** (MILP) problems, which contain both integer and non-integer variables:

$$\begin{aligned} & \underset{x}{\text{minimize}} \quad c^T x \\ & \text{subject to} \quad Gx \leq h \\ & \quad x_i \in \mathbb{Z}, \quad i \in \mathcal{I} \subseteq \{1, \dots, n\} \end{aligned}$$

INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

SOLVING ILP PROBLEMS

Naïve solution (exhaustive search): given 2^n possible assignments of all the n variables in x , just try each one, return the solution with minimum objective value out of those that satisfy constraints.

In the worst case, we can't do any better than this, but often it is possible to solve the problem *much* faster in practice.

Key idea: relaxing integer constraints

I.e., consider an alternative LP problem where we relax the constraint $x \in \{0,1\}^n$ to be $x^* \in [0,1]^n$:

$$\begin{array}{ll}\text{minimize}_x & c^T x \\ \text{subject to} & Gx \leq h \\ & x \in [0,1]^n\end{array}$$

Key point #1: if the solution to this LP x^* has all integer values, then it is also the solution to the integer program.

Key point #2: the optimal objective for the linear program is lower than that of the corresponding integer program.

Both points follow trivially from the fact that $\{0,1\}^n \subset [0,1]^n$.

INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

BRANCH AND BOUND

The **branch and bound algorithm** is a greedy informed search applied using LP relaxation to provide bounds on the search tree. **LP relaxation** is a quickly-computable approximation which gives us a lower bound on the true solution.

Function: Solve-Relaxation(\mathcal{C}):

- Solve linear program plus additional constraints in \mathcal{C}
- Return (objective value f^* , solution x^* , and constraint set \mathcal{C})

Algorithm: Branch-and-Bound

- Push Solve-Relaxation({}) on to frontier set
- Repeat while frontier is not empty:
 1. Get lowest cost solution from frontier: (f, x, \mathcal{C})
 2. If x is integer valued, return x
 3. Else, choose some x_i not integer valued and add Solve-Relaxation($\mathcal{C} \cup \{x_i = 0\}$),Solve-Relaxation($\mathcal{C} \cup \{x_i = 1\}$), to the frontier

INTEGER (LINEAR) PROGRAMMING

MANY PROBLEMS AND APPLICATIONS CAN BE TACKLED BY ILP

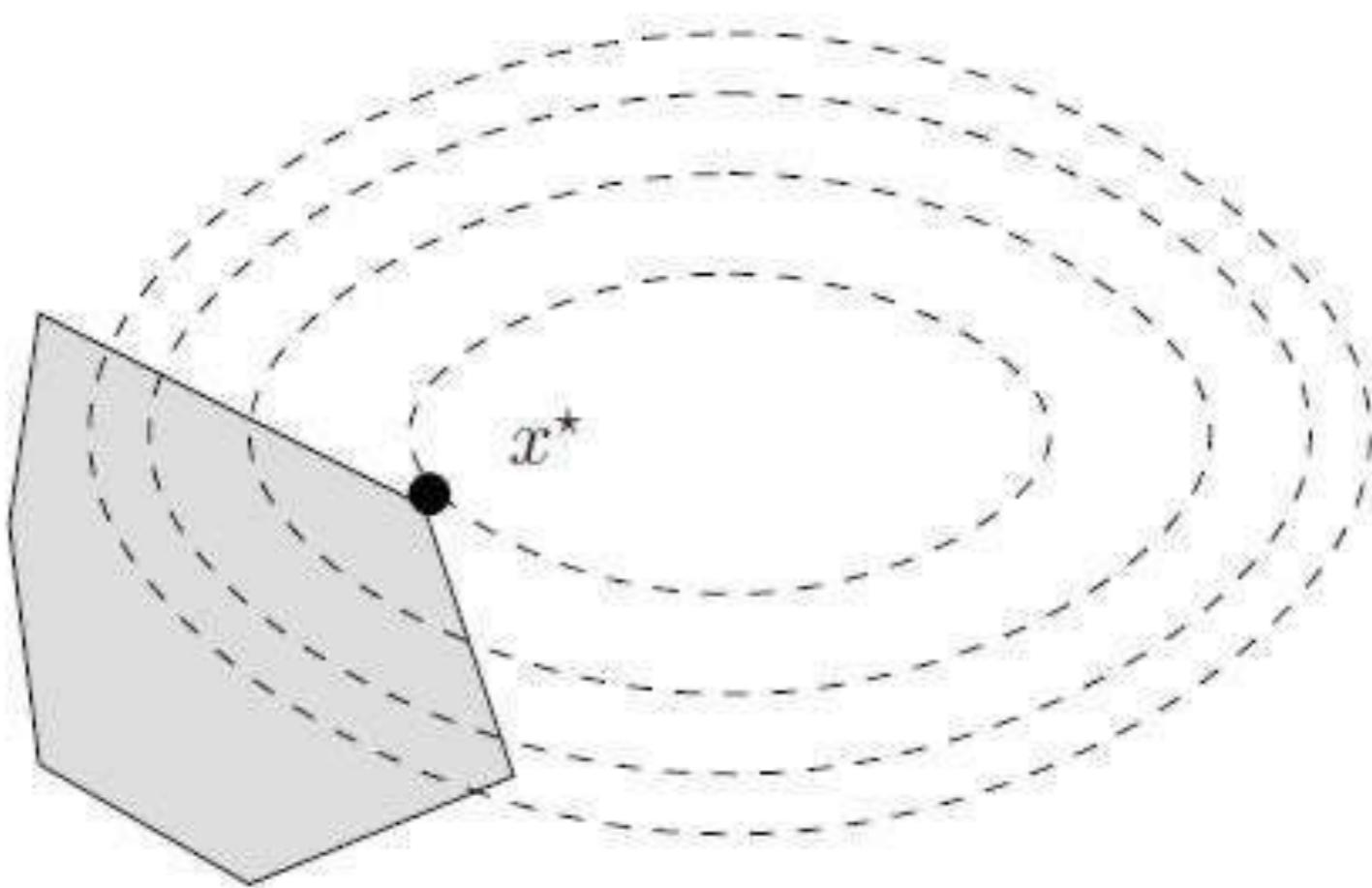
- Path planning with obstacles
- Many problems in game theory
- Constraint satisfaction problems
- (Exact) most likely assignment in graphical models
- Scheduling and unit commitment

NOTES

Extremely well-developed set of commercial solvers are available (free for academic use), e.g., CPLEX, Gurobi, or LocalSolver. For better efficiency these tools often use proprietary “pre-solve” problem simplification methods, relaxations based on simplex and other LP solvers, branch and bound, and cutting plane generation methods.

Open source notably lags behind in this area, with few exceptions such as SCIP (<http://scip.zib.de/>).

Quadratic programming



QUADRATIC PROGRAMMING

GENERAL DEFINITION

- A quadratic programming problem minimizes a quadratic function of n variables subject to m linear inequality or equality constraints. In compact notation, a QP problem is:

$$\begin{aligned}\textbf{Minimize } f(\mathbf{x}) &= \mathbf{c}^T \mathbf{x} + \frac{1}{2} \mathbf{x}^T \mathbf{Q} \mathbf{x} \\ \textbf{Subject to } & \mathbf{A} \mathbf{x} = \mathbf{b} \\ & \mathbf{x} \geq 0\end{aligned}$$

where c is a vector ($n \times 1$), A is an $m \times n$ matrix, and Q is a **symmetric** $n \times n$ matrix.

- As for LP, it is also possible to use an inequality form with $\mathbf{A}\mathbf{x} \leq \mathbf{b}$ with maximization of $f(\mathbf{x})$.

QUADRATIC PROGRAMMING

A MORE CONCRETE EXAMPLE - MEAN-VARIANCE PORTFOLIO THEORY

- The archetypical example of QP problems is the portfolio optimization problem, as per the original mean-variance formulation proposed by Markowitz, 1952. The problem is essentially the following:
How can we split our investment between these assets in an appropriate way?
- To proceed with Markowitz mean-variance portfolio optimization we need some notation, let:
 - N be the number of assets (e.g. stocks) available
 - μ_i be the expected return of asset i
 - ρ_{ij} be the correlation between the returns for assets i and j ($-1 \leq \rho_{ij} \leq +1$)
 - s_i be the standard deviation in return for asset i
- Then the decision variables are:
 w_i the proportion of the total investment associated with (invested in) asset i ($0 \leq w_i \leq 1$)
- Note: this formulation is completely general – provided we have a price history for an “asset” that can be included. So, we could consider making up a portfolio from stocks, commodities (e.g. oil, metals), bonds, etc.

QUADRATIC PROGRAMMING

A MORE CONCRETE EXAMPLE - MEAN-VARIANCE PORTFOLIO THEORY

$$\text{minimise} \quad \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N w_i w_j \rho_{ij} s_i s_j$$

subject to

$$\sum_{i=1}^N w_i \mu_i = R$$

$$\sum_{i=1}^N w_i = 1$$

$$w_i \geq 0 \quad i=1, \dots, N$$

- The objective function minimizes the total variance (risk) associated with the portfolio.
- The first constraint ensures that the portfolio has an expected return of R (note that some formulation replace equality with inequality $\geq R$).
- The second constraint ensures that the proportions add to one.
- The third constraint is simply the non-negativity constraint.

The Burrito
Game! :)

THE BURRITO OPTIMIZATION GAME (BY GUROBI)



THE BURRITO OPTIMIZATION GAME (BY GUROBI)

The IP: Formulation

The IP can be formulated as follows:

$$\begin{array}{ll}\text{maximize} & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} (r - k) \alpha_{ij} d_i y_{ij} - \sum_{j \in J} f x_j \\ \text{subject to} & \sum_{j \in J} y_{ij} \leq 1 \quad \forall i \in I \\ & y_{ij} \leq x_j \quad \forall i \in I, \forall j \in J \\ & x_j, y_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J\end{array}$$

The first line is the **objective function**—a mathematical expression for the quantity we are trying to maximize (in this case) or minimize. The objective function for the Gurobi IP maximizes the total profit, which is computed as the total net revenue minus the total cost of placing all trucks. The net revenue is the sum of the revenue minus the ingredient cost over all burritos sold (using a trick like the one described above to “turn on” costs for the customer–truck assignments that are active).

The remaining lines are **constraints**—restrictions that we place on the solutions that the solver is allowed to choose.

The first set of constraints says that each customer $i \in I$ may be assigned to at most one truck $j \in J$. (Otherwise, we could win each customer multiple times by placing multiple trucks, which is not what actually happens in the game and therefore not what we should allow in the model.) The second set of constraints says that a customer $i \in I$ can only be served by a truck $j \in J$ ($y_{ij}=1$) if there is a truck positioned at location $j \in J$ ($x_j=1$). This is the logical relationship “trick” described above. The last two lines say that the decision variables must be binary (as opposed to continuous/real-valued, or general integers).

Nearly all mathematical optimization problems—linear programs, integer programs, mixed-integer programs, nonlinear programs, etc.—have the same structure as the formulation above: an objective function that specifies what we want to minimize or maximize, and a set of constraints that limit the possible values for the decision variables.

The IP formulation above, plus the data (the actual lists of customers and potential truck locations, the actual values for the costs and revenue parameters, etc.), give us a complete mathematical representation of the Gurobi problem that you solved (by hand and approximately). Gurobi or another optimization solver can take this formulation and the data, do its magic (well, its algorithm—see below), and return the optimal solution (quickly and exactly, at least to within a tolerance specified by the user).

Let I denote the set of buildings (we'll call them *customers* now) and let J denote the set of **potential truck locations**. Our IP uses the following notation for the **parameters** of the model. (These are the inputs, or data, for the model.)

- ✓ d_i = demand for customer $i \in I$
- ✓ c_{ij} = travel distance from customer $i \in I$ to truck $j \in J$
- ✓ α_{ij} = demand multiplier for customer $i \in I$ and truck $j \in J$. This multiplier depends on the distance: the further a customer i is from a truck location j , the less willing the customer is to walk to the truck
- ✓ f = fixed cost that Gurobi has to pay for placing a truck at a potential location
- ✓ r = revenue per burrito sold
- ✓ k = ingredient cost per burrito sold

Our model also has **decision variables**. These are the **unknowns**, or the choices to be made by the decision maker (whether that's Gurobi planners or the optimization solver):

- ✓ $x_j = 1$ if we locate a truck at location j , and = 0 otherwise, for each $j \in J$
- ✓ $y_{ij} = 1$ if the closest truck to customer $i \in I$ is at location $j \in J$ (i.e., if i is assigned to j), and 0 otherwise

OTHER EXAMPLES BY GUROBI

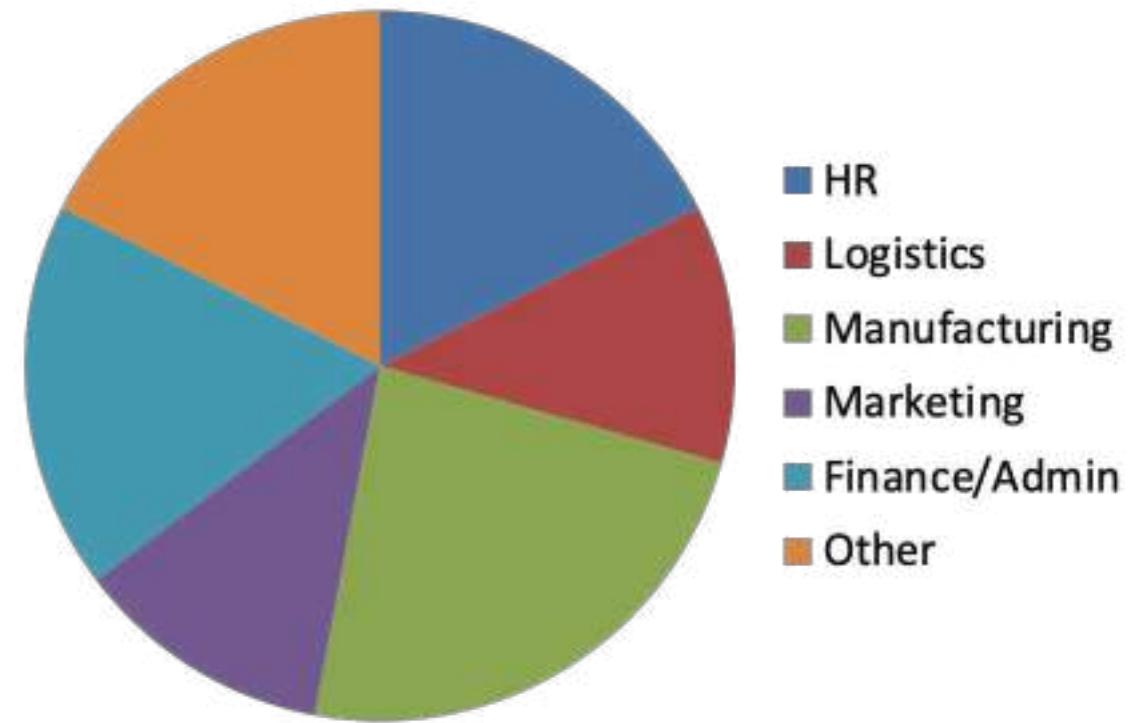
The screenshot shows the Gurobi Optimization website interface. At the top, there's a blue header bar with the Gurobi logo, the text "Traveling Salesman", and two buttons: "Getting started" and "Live Demo". To the right of the header is a user profile for "GIOVANNI IACCA". Below the header, on the left, is a sidebar with three items: "Overview" (which is selected and highlighted in blue), "Architecture", and "API". The main content area has a large title "The Traveling Salesman Problem". Underneath it, a sub-section title reads "In this example we'll solve the Traveling Salesman Problem." followed by a descriptive paragraph: "We'll construct a mathematical model of the problem, implement this model in Gurobi's Python interface, and compute and visualize an optimal solution." Below this, another paragraph states: "Although your own business may not involve traveling salesmen, the same basic techniques used in this example can be used for many other applications like vehicle routing, circuit design, and DNA sequencing." On the right side of the main content area, there's a grid of icons representing other optimization examples: Cutting Stock, Workforce Assignment, Resource Matching, Cell Tower, Offshore Wind Farming, Facility Location, and Traveling Salesman. The "Traveling Salesman" icon is highlighted with a yellow border.

Your case studies

USE CASES

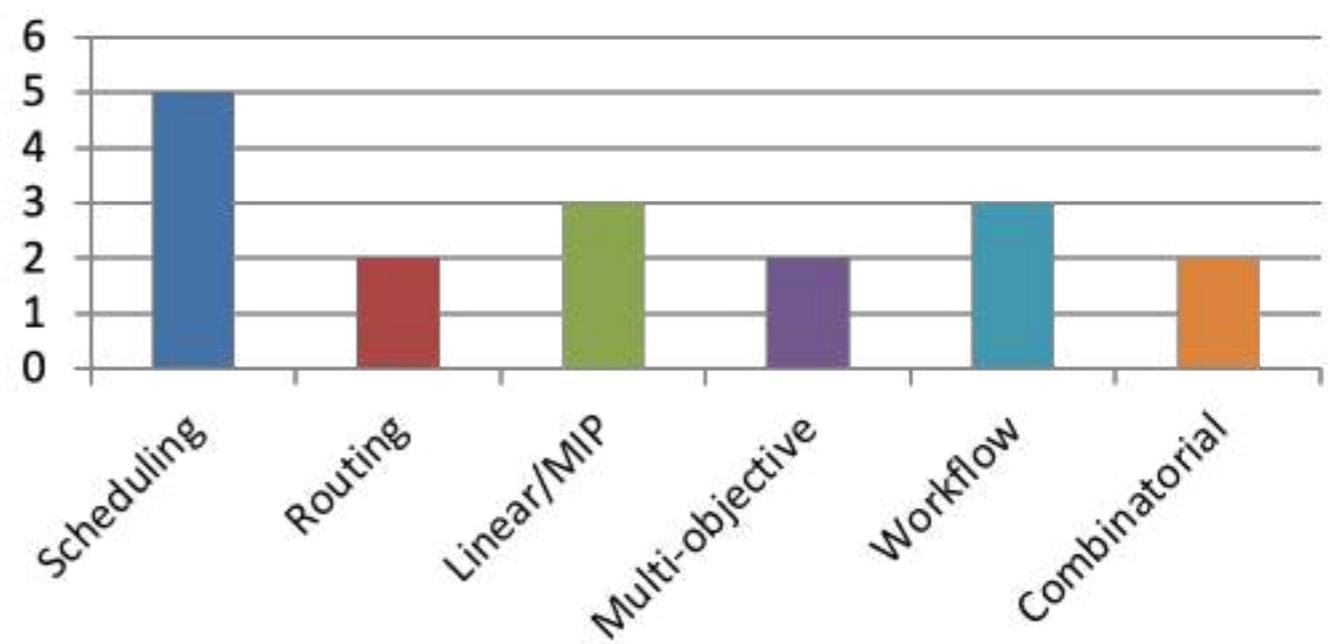
USE CASE CATEGORIES

- HR & Organization: 3
- Logistics & Supply Chain: 2
- Manufacturing & Operations: 4
- Marketing & Sales: 2
- Finance & Admin Processes: 3
- Strategic Planning / Product Portfolio: 1
- Energy & Facilities: 1
- Event / Resource Scheduling: 1



OPTIMIZATION PROBLEM TYPES

- Scheduling / Workforce Planning
- Vehicle Routing / Logistics
- Linear / Integer Programming
- Multi-objective Optimization
- Workflow / Process Optimization
- Combinatorial and Constraint-based Models



USE CASES

DECISION VARIABLES AND CONSTRAINTS

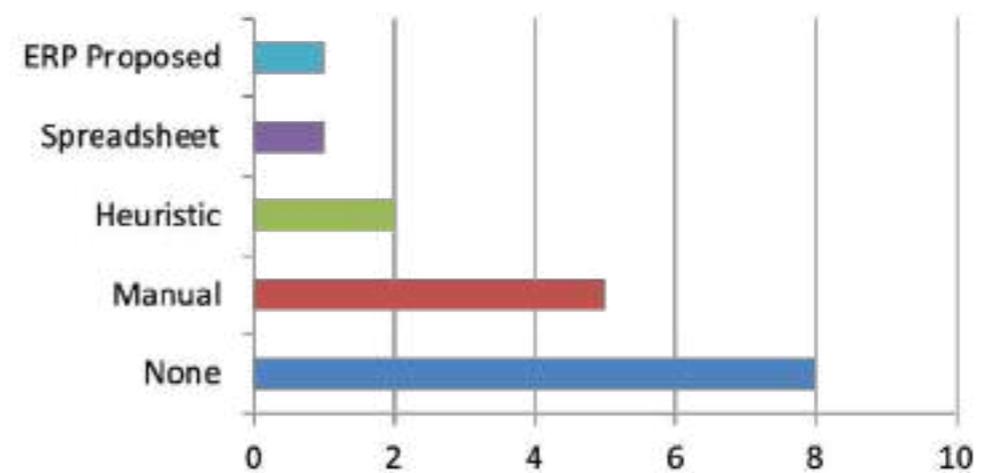
- Variables: Time slots, assignments, quantities, workflows, budgets
- Variable types: Mostly discrete, some continuous
- Constraints: Resource capacity, legal, budgetary, technical, and organizational
- Constraint strength: Mix of hard (e.g., legal) and soft (e.g., training)

DECISION VARIABLES AND CONSTRAINTS

- Low (1–5 variables): 2 cases
- Medium (6–20 variables): 11 cases
- High (>20 variables): 4 cases

USE OF OPTIMIZATION TOOLS

- Explicit optimization tools: 0
- Heuristics / Ad hoc: ~4 (implied)
- Manual / Spreadsheet-based: majority
- Opportunities: ERP integration, solver tools, etc.



USE CASES

USE CASE OVERVIEW

Domain	Objective	Optimization Type	Method Used
HR	Minimize costs, Optimize shifts	Scheduling	Manual
Logistics	Optimize routes	Routing/Combinatorial	None
Manufacturing	Reduce costs, Improve throughput	Scheduling, MIP	None
Marketing	Maximize ROI	Multi-objective	Spreadsheet
Finance/ Admin	Digitalize processes	Workflow/Process	ERP proposed

USE CASES

I. Scheduling & Sequencing (Operations & Field Service)

Core Task: Assigning when and by whom tasks should be done.

Examples: Production lines, project execution, and technician dispatch.

2. Routing & Logistics

Core Task: Designing the most efficient paths for vehicles or goods.

Example: Delivery fleet management.

3. Resource Allocation & Design

Core Task: Assigning limited resources (money, space, assets) to competing activities.

Examples: Financial planning, facility layout.

4. Process & Workflow Improvement

Core Task: Redesigning a sequence of business activities to be faster, cheaper, or more compliant.

Examples: Employee onboarding, invoice processing, and qualitative HR goals.

CATEGORY I - SCHEDULING AND SEQUENCING

Problems where the main challenge is managing time, tasks, and resources to meet deadlines efficiently. These are often the most complex but highest-impact optimization problems in operations.

Example Use Case

Problem: A multi-stage manufacturing process with long lead times (4-8 weeks). The goal is to reduce this total time.

Formalization: This problem can be formulated as a Job-Shop Scheduling Problem (JSSP).

Objective Function: Minimize the Makespan, the time when the last job is completed.

Decision Variables: The start time for each operation of every job on each machine.

Key Constraints: Phase Precedence, Resource Capacity (one job per machine at a time), Resource Allocation (specific jobs to specific presses), Batching (furnace limits).

Suggested Optimization Approach:

Current Method: Experience-based priority rules.

Formal Method: Model as a Mixed-Integer Linear Program (MILP) for small instances. For realistic scale, use heuristics/metaheuristics (Genetic Algorithms, Tabu Search) or specialized scheduling software.

CATEGORY 2 - ROUTING AND LOGISTICS

These problems focus on optimizing physical movement to minimize distance, time, or cost.

Example Use Case

Problem: Organize efficient logistics from German warehouses to an Italian hub, and from the hub to ~450 retailers.

Formalization: This problem can be formulated as a Vehicle Routing Problem (VRP).

Objective Function: Minimize total transportation cost (distance, vehicles, external fees).

Decision Variables: Which vehicle visits which customer in what sequence?

Key Constraints: Vehicle Capacity (garment volume), Visit Once (each retailer), Time Windows (business hours, driver availability), Depot (routes start/end at the hub).

Suggested Optimization Approach:

Current Method: Manual planning.

Formal Method: Use specialized VRP solvers that employ heuristics and metaheuristics to find high-quality solutions quickly, yielding significant cost savings.

CATEGORY 3 - RESOURCE ALLOCATION

This category deals with the optimal assignment of finite resources, from financial capital to physical space.

Example Use Case

Problem: Optimize corporate liquidity to minimize bank borrowing costs while meeting all payment obligations.

Formalization: A Multi-Period Cash Flow Optimization problem, solvable with Linear Programming (LP).

Objective Function: Minimize total financing cost

Decision Variables: Cash to hold, amount to borrow from each line, timing of payments.

Key Constraints: Cash Balance Equation, Non-Negativity of cash, Credit Limits (plafond), Payment Deadlines.

Suggested Optimization Approach:

Current Method: ERP-integrated forecasting.

Formal Method: An LP model (buildable in Excel Solver or Python) can proactively recommend the cheapest funding strategy on a rolling basis.

CATEGORY 4 - PROCESS/WORKFLOW IMPROVEMENT

These cases focus on redesigning complex administrative or operational processes for efficiency, compliance, and cost savings.

Example Use Case

Problem: The current Excel-based process for planning, tracking, and updating employee training is time-consuming and hard to maintain.

Formalization: This is a Constrained Scheduling and Assignment problem embedded within a process improvement need.

Objective Functions: (1) Maintain 100% compliance with mandatory training. (2) Minimize training costs. (3) Maximize employee development.

Decision Variables: Which employees are assigned to which training sessions; the schedule for each training session.

Constraints: Mandatory renewal deadlines; minimum number of participants for courses; creating homogeneous classes; budget limits; not taking too many people from one department at the same time.

Suggested Optimization Approach:

1. Process First: Digitize the process with a dedicated Human Resources Information System (HRIS) or a Learning Management System (LMS) to replace Excel. This solves the tracking and data management problem.

2. Then Optimize: Once the data are structured, an optimization model can be built to create the annual training schedule. This is a complex assignment problem that can be solved with constraint programming or integer programming to create optimal class groups that respect all the stated financial and organizational constraints.

TO SUMMARIZE

1. **Many industrial problems are Scheduling Problems in disguise.** The most common and complex challenges revolve around managing time and resources (Projects, Production, Field Service). These problems are hard but have mature solutions.
2. **Optimization starts with Process Mapping.** For problems like onboarding or procurement, the first step is always to map the existing process before applying technology.
3. **There's a gap between “What Is” and “What's Possible”.** Most use cases rely on experience, spreadsheets, or basic ERP modules. There is a significant opportunity to create value by adopting formal optimization tools (e.g., VRP solvers, scheduling heuristics, LP models).
4. **Not all optimization is mathematical.** For strategic HR or resource bottleneck issues, the "optimal" solution isn't a number. It's a strategic decision, like a training program or a change management initiative.
5. **Data & dynamics are the real challenge.** Many of you rightly noted that your environments are unpredictable. Successful optimization initiatives must account for this, often by using dynamic or stochastic models that can re-optimize quickly when things change.

Take-home
messages

TAKE-HOME MESSAGES AND OPPORTUNITIES

- Optimization is essential in many processes. However, only a few companies take advantage of optimization algorithms (lack of data, lack of expertise, human factors).
- Several industrial processes (e.g., in logistics, scheduling, layout optimization, HR management, etc.) can be mapped to well-known optimization problems for which several powerful algorithms exist.
- Existing optimization software (e.g., Gurobi, IBM CPLEX, Google OR-Tools) offers general-purpose tools including several of these optimization algorithms, but requires experts to model the industrial problem and pick the right algorithm for it.
- Specialized software, e.g., for scheduling (e.g., CyberPlan) and process simulation (e.g., FlexSim, AnyLogic, etc.), either integrates optimization algorithms or can be connected to external optimizers to find effective solutions to complex industrial problems (**simulation-based optimization**).
- Machine Learning algorithms can be used to extract patterns in company data (e.g., collected from ERP, MES, etc.) to build models of the processes of interest and then optimize them with the algorithms we have seen.

TAKE-HOME MESSAGES AND OPPORTUNITIES

- In many organizations, objectives and constraints are “in the head” of the domain experts (e.g., planner, HR, etc.). They aren't formalized (and may be hard to formalize), or they rely on data that are not digitized yet (e.g., oral/paper knowledge).
- Optimality is often luxury. What you really want is to avoid “insanely ineffective decisions”.
- “Talk in euros/dollars.” - Not always is the economic advantage of process optimization immediately grasped. In many cases, the advantage is indirect, or does not produce an immediate return. But, in the long term, it will certainly pay off!



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

Mass Customization / Product variety management

Nikola Suzic

nikola.suzic@unitn.it

Agenda

1. Introduzione corso
2. Paradigmi di produzione
3. I quattro approcci a customizzazione
4. Leve di Mass customization/Product variety management
 - L1 – Standardizzazione delle parti
 - L2 - Modularità di prodotto
 - L3 - Piattaforme di prodotto
 - L4 - Group technology
 - L5 - Attrezzaggi veloci
 - L6 - Linee di assemblaggio a modelli misti
 - L7 - Configuratori del prodotto
 - L8 - Personalizzazione del prodotto finito al più tardi (Form postponement)
 - L9 - Virtual build-to-order (VBTO)
5. Modello maturità MC – con esercizio

**Approccio olistico
alla gestione
varietà prodotti**

1

Introduzione corso



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

Conoscenze acquisite

- Scopo del corso:
 - Capire il contesto dell'**elevata varietà di prodotti**
 - Capire le che **complesse conseguenze** questo contesto porta alle **aziende**
 - **Sviluppare la capacità** di affrontare le problematiche dell'elevata varietà di prodotti nel futuro lavoro nell'industria da una **prospettiva olistica**

Materiali didattici

- Appunti e materiale didattico forniti a lezione:

- Presentazioni
- Appunti delle lezioni che costituiscono la base del corso
- Articoli pertinenti sugli argomenti

- Leteratura:

- Koren, Y. (2010). *The global manufacturing revolution: product-process-business integration and reconfigurable systems*. John Wiley & Sons.
- Forza, C., & Salvador, F. (2006). *Product information management for mass customization: connecting customer, front-office and back-office for fast and efficient customization*. Palgrave Macmillan.
- Hvam, L., Mortensen, N. H., & Riis, J. (2008). *Product customization*. Springer Science & Business Media.
- Suzic, N., & Forza, C. (2023). Development of mass customization implementation guidelines for small and medium enterprises (SMEs). *Production Planning & Control*, 34(6), 543-571.



2

Paradigmi di produzione

Paradigmi di produzione

Paradigma - un quadro filosofico e teorico di una scuola o disciplina scientifica all'interno del quale vengono formulate teorie, leggi e generalizzazioni e gli esperimenti condotti a loro supporto

(Merriam-Webster)

Esempi

- Il paradigma freudiano della **psicoanalisi**
- Un nuovo studio che sfida l'attuale paradigma evolutivo

Paradigmi di produzione

Che cos'è un paradigma di produzione?

Paradigmi di produzione

- Definizione: Un **paradigma di produzione** è un **modello di produzione integrato rivoluzionario** che nasce in risposta ai mutevoli imperativi sociali e di mercato ed è reso possibile dalla creazione di un nuovo tipo di sistema di produzione.

Imperativi (bisogni) sociali e di mercato? (es. prodotti a basso prezzo)

RISPOSTA DELL'INDUSTRIA:

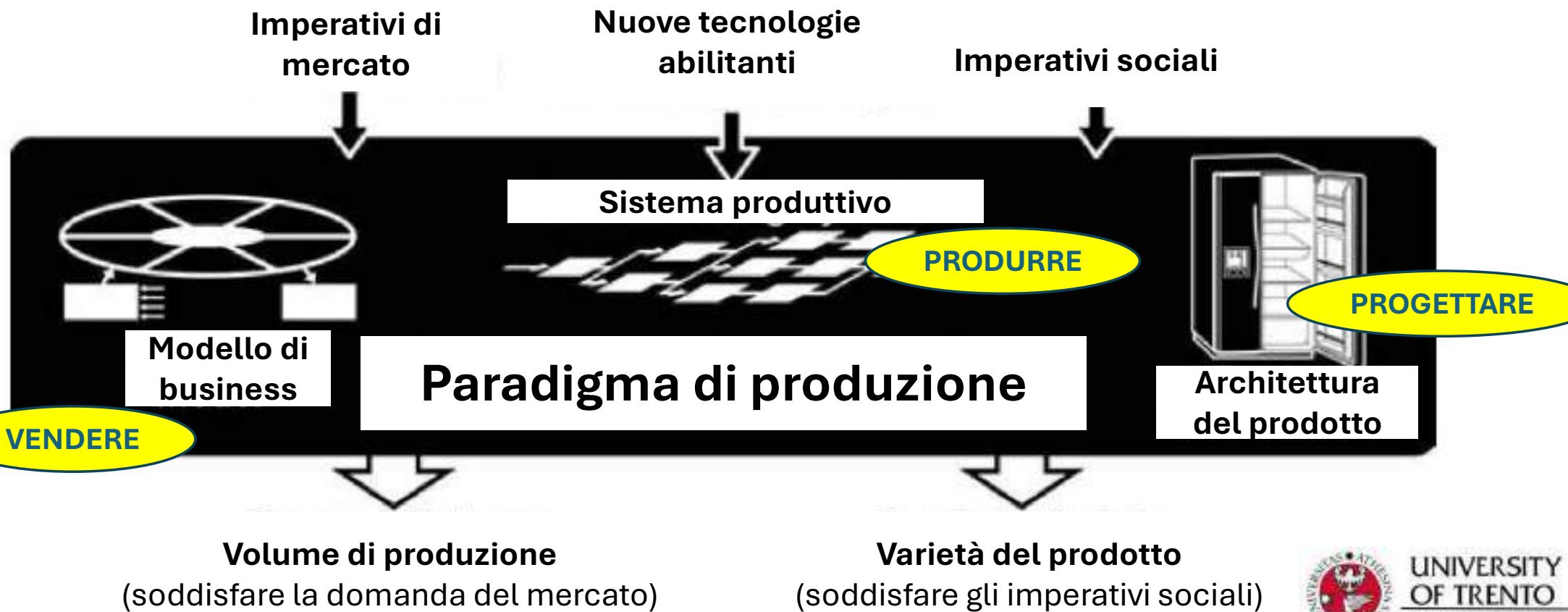
L'integrazione di un nuovo sistema di produzione con un nuovo modello di business e un'architettura di prodotto crea un nuovo paradigma di produzione



Paradigmi di produzione

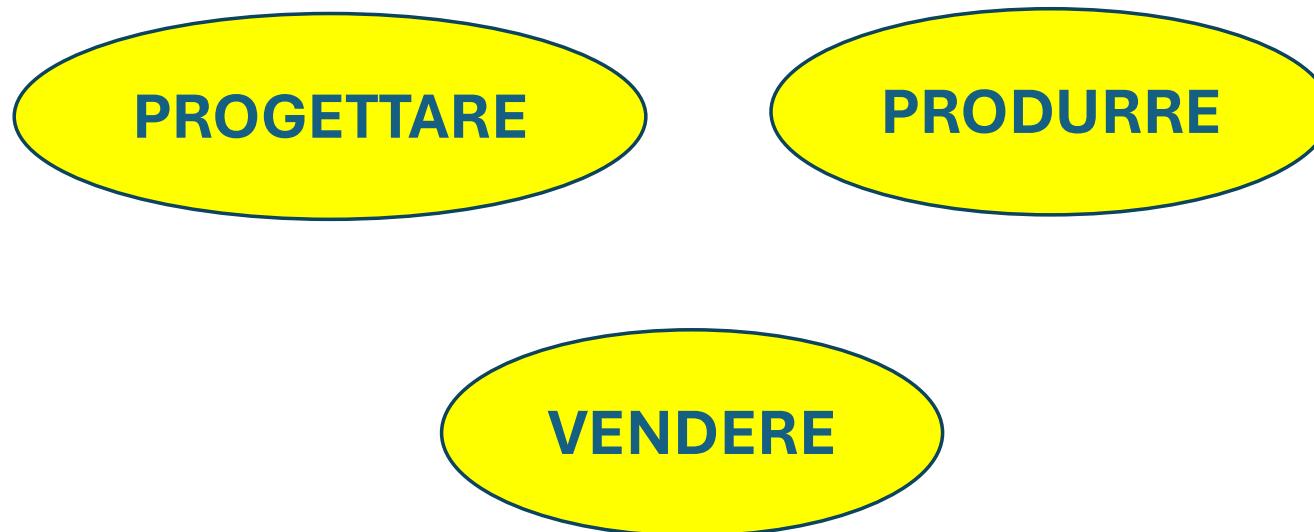
- **Paradigma di produzione (modello)**

The new paradigm must be supported by the new production technologies that make it possible



Paradigmi di produzione

- Tre elementi fondamentali di un'impresa manifatturiera: progettazione, produzione e vendita



Paradigmi di produzione

- Ogni paradigma di produzione affronta tre elementi fondamentali: Progettazione, Produzione e Vendita.
- **Progettare:** Progettazione del prodotto e delle sue funzioni per soddisfare specifiche esigenze sociali
- **Produrre:** Realizzazione del prodotto tramite un sistema produttivo in grado di rispondere rapidamente alle esigenze e alle opportunità del mercato
- **Vendere:** Vendita di prodotti ai clienti al fine di soddisfare i loro bisogni e generare profitto per l'azienda

Paradigmi di produzione

- Quindi la sequenza è:



La sequenza di questi tre elementi è sempre la stessa?

Paradigmi di produzione

- **QUATTRO PRINCIPALI PARADIGMI PRODUTTIVI**
 1. Il paradigma della produzione artigianale (The Craft Production Paradigm)
 2. Il paradigma della produzione di massa
 3. Il paradigma di Mass Customization (personalizzazione di massa)
 4. Il paradigma di produzione globale
 - a) Produzione regionalizzata
 - b) Produzione personalizzata

1

Produzione artigianale

- Lavoratori qualificati e formati
- Macchine multiuso
- Realizziamo esattamente il prodotto per cui il cliente paga
- Un prodotto alla volta

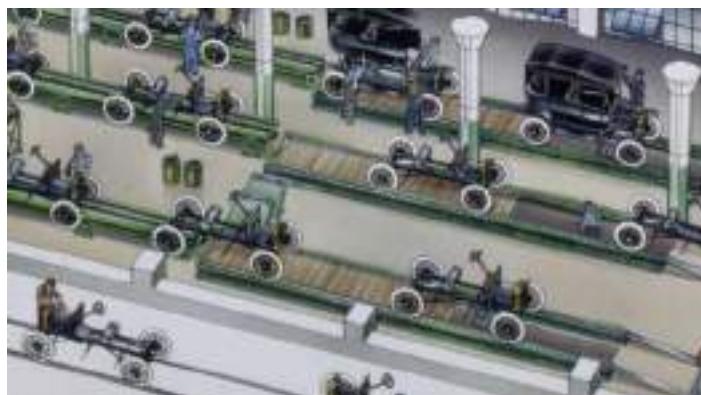


UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

2

Produzione di massa

- È apparsa all'**inizio del XX secolo** - Ford
- **Flusso di materiali coordinato** attraverso linee di produzione che realizzano **componenti ad alta precisione** e li assemblano
- Le linee sono costituite da attrezzature specializzate dedicate all'assemblaggio, al trasporto e alla finitura dei prodotti
- Le operazioni all'interno della linea sono ottimizzate per ottenere **economie di scala**



Economia di scala: il costo di produzione cresce in modo meno che proporzionale rispetto alla scala dei macchinari



3

Mass Customization

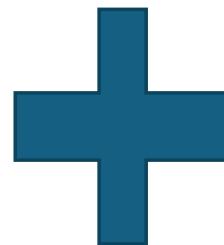
- Un paradigma generato da **bisogni sociali**
- Con **l'arricchimento della società**, è emersa la necessità di un maggior numero di varianti di prodotto
- I produttori offrono "**opzioni**" ai loro prodotti standard tra cui il cliente può scegliere e **creare il proprio prodotto**
- L'obiettivo del paradigma:
aumentare la varietà mantenendo basso il prezzo



3

Mass Customization

MASS
~~PRODUCTION~~



CUSTOMIZATION

MASS
CUSTOMIZATION



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

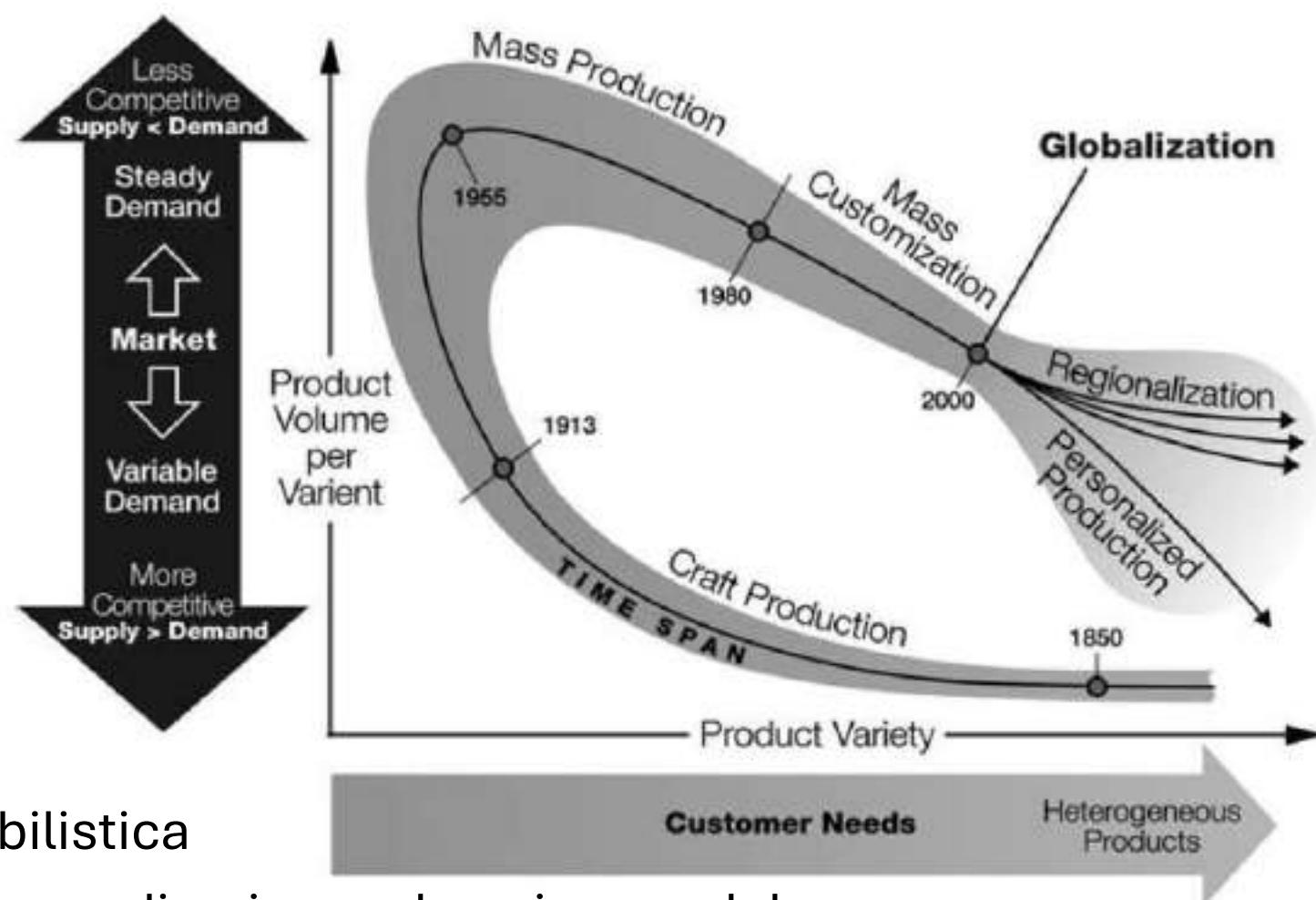
4

Produzione globale

- Il paradigma produttivo del futuro
 - **Regionalizzazione** - causata principalmente dalle differenze culturali
 - **Personalizzazione** - guidata dal desiderio dei clienti di avere qualcosa su misura per loro, ma **senza pagare il prezzo artigianale del prodotto**



Varietà e quantità del prodotto per variante



Industria automobilistica

(I driver dei nuovi paradigmi sono le esigenze del mercato e della società)



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

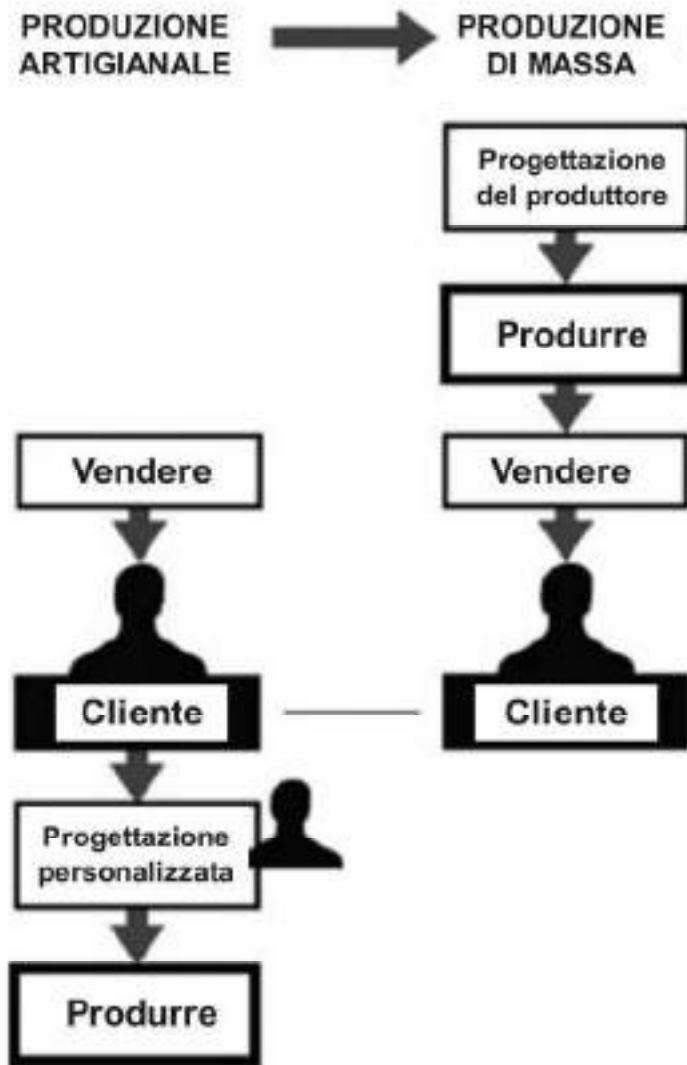
Il ruolo del cliente nei quattro paradigmi

PRODUZIONE
ARTIGIANALE

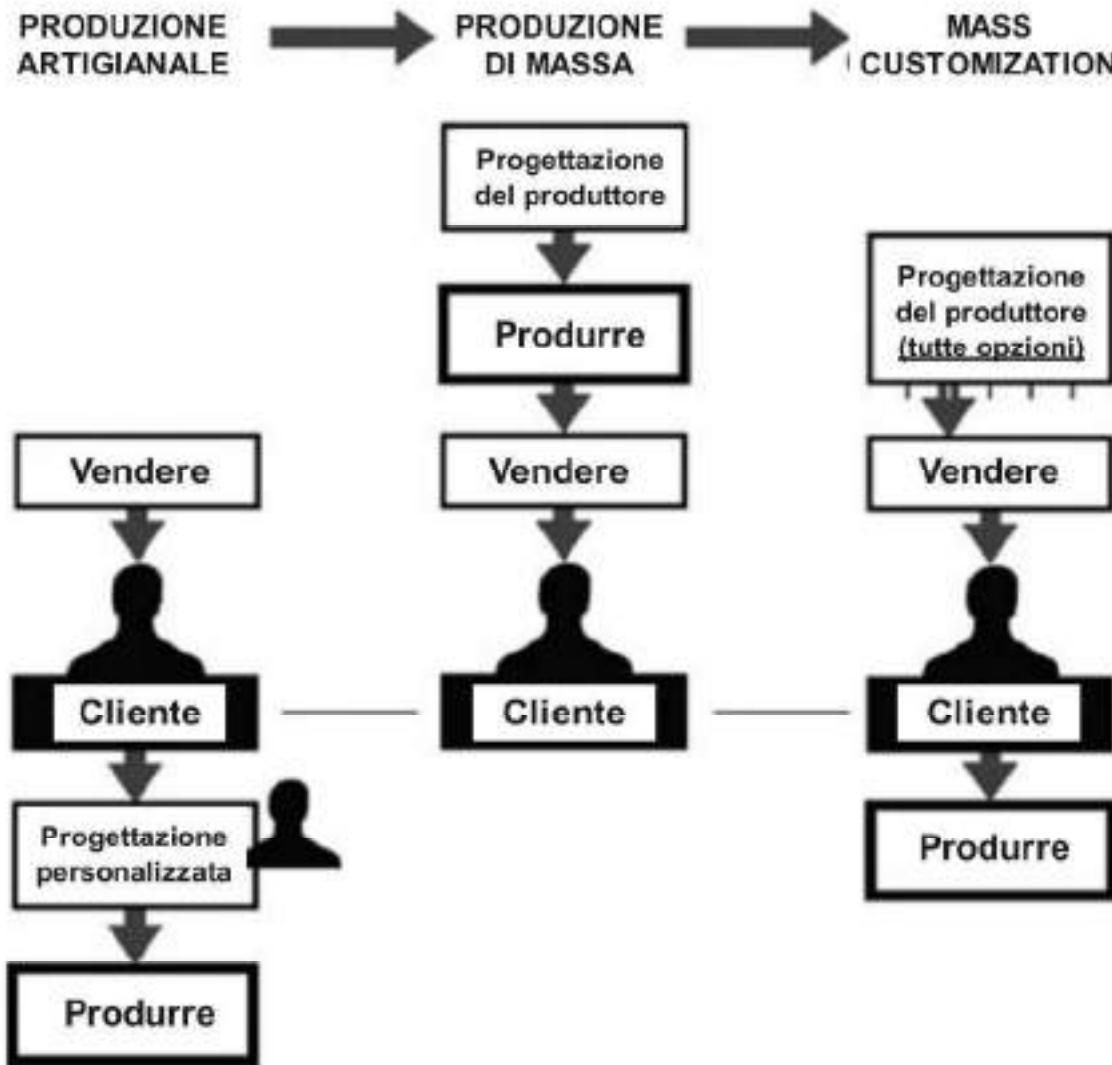


UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

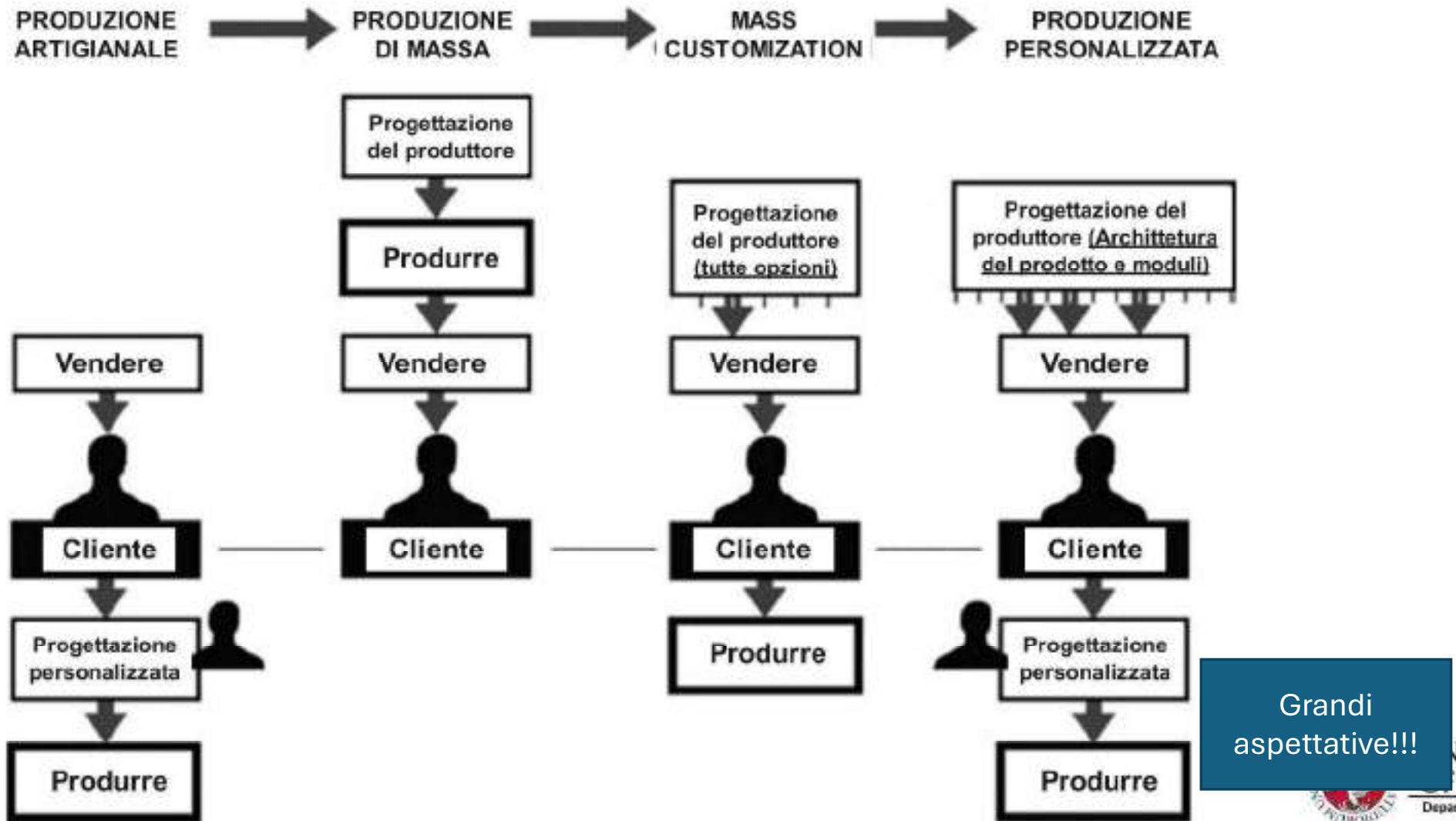
Il ruolo del cliente nei quattro paradigmi



Il ruolo del cliente nei quattro paradigmi



Il ruolo del cliente nei quattro paradigmi



Caratteristiche di quattro paradigmi di produzione

Paradigma	Produzione artigianale	Produzione di massa	Mass customization	Produzione globale
<i>Imperativi sociali</i>	Prodotti unici	Prodotti a basso prezzo	Alta varietà dei prodotti Alta qualità	Prodotti regionali Prodotti personalizzati
<i>Domanda mercato</i>		Costante	Instabile	Fluttuante
<i>Oggettivo paradigma</i>	Soddisfare il desiderio dei clienti	Basso prezzo del prodotto	Ampia varietà	Elevata velocità di risposta
<i>Leva tecnologica</i>	Elettricità	Parti intercambiabili	Computer	Tecnologia dell'informazione e Internet
<i>Sistema produttivo</i>	Macchine utensili azionate elettricamente	Linea di montaggio mobile Macchine dedicate	Sistemi flessibili Operazioni LEAN	Sistemi riconfigurabili
<i>Architettura del prodotto</i>		Unificata	Modulare	Altamente modulare
<i>Principio di business model</i>	Pull	Push	Push-Pull	Pull

3

I quattro approcci a customizzazione



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

I quattro approcci a customizzazione



The four faces of mass customization

(Gilmore and Pine, 1997)

I quattro approcci a customizzazione



What is a Bespoke Frame?

A Bespoke Frame is a pair of glasses or sunglasses designed for you by Jean Gobet in collaboration with Tom Davies. Millions of perfect measurements are taken around your face and head. A unique technology adds your Opticore signature with the ability to re-style the fit of the frame to suit your face. Making the ultimate experience for any spectacle wearer.

We invite the Financial Times to call Tom's Bespoke Frames "...the most exclusive glasses in the world".



TD TOM DAVIES



Il cliente può ritirare gli occhiali finiti in 1 ora!!!!

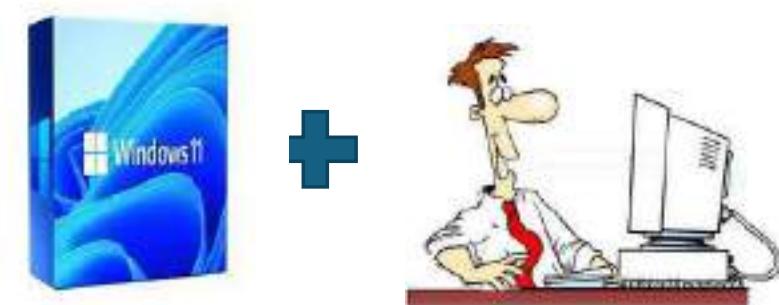
The four faces of mass customization

(Gilmore and Pine, 1997)



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial Engineering

I quattro approcci a customizzazione



The four faces of mass customization

(Gilmore and Pine, 1997)



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial Engineering

I quattro approcci a customizzazione



The four faces of mass customization

(Gilmore and Pine, 1997)

I quattro approcci a customizzazione



The four faces of mass customization

(Gilmore and Pine, 1997)

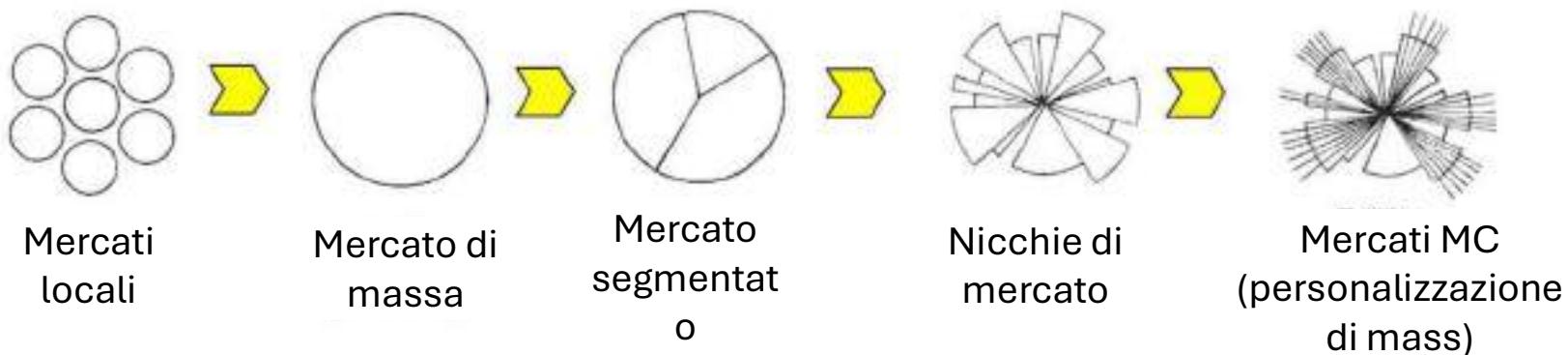
4

Leve di Mass Customization

Che cosa è la Mass Customization?

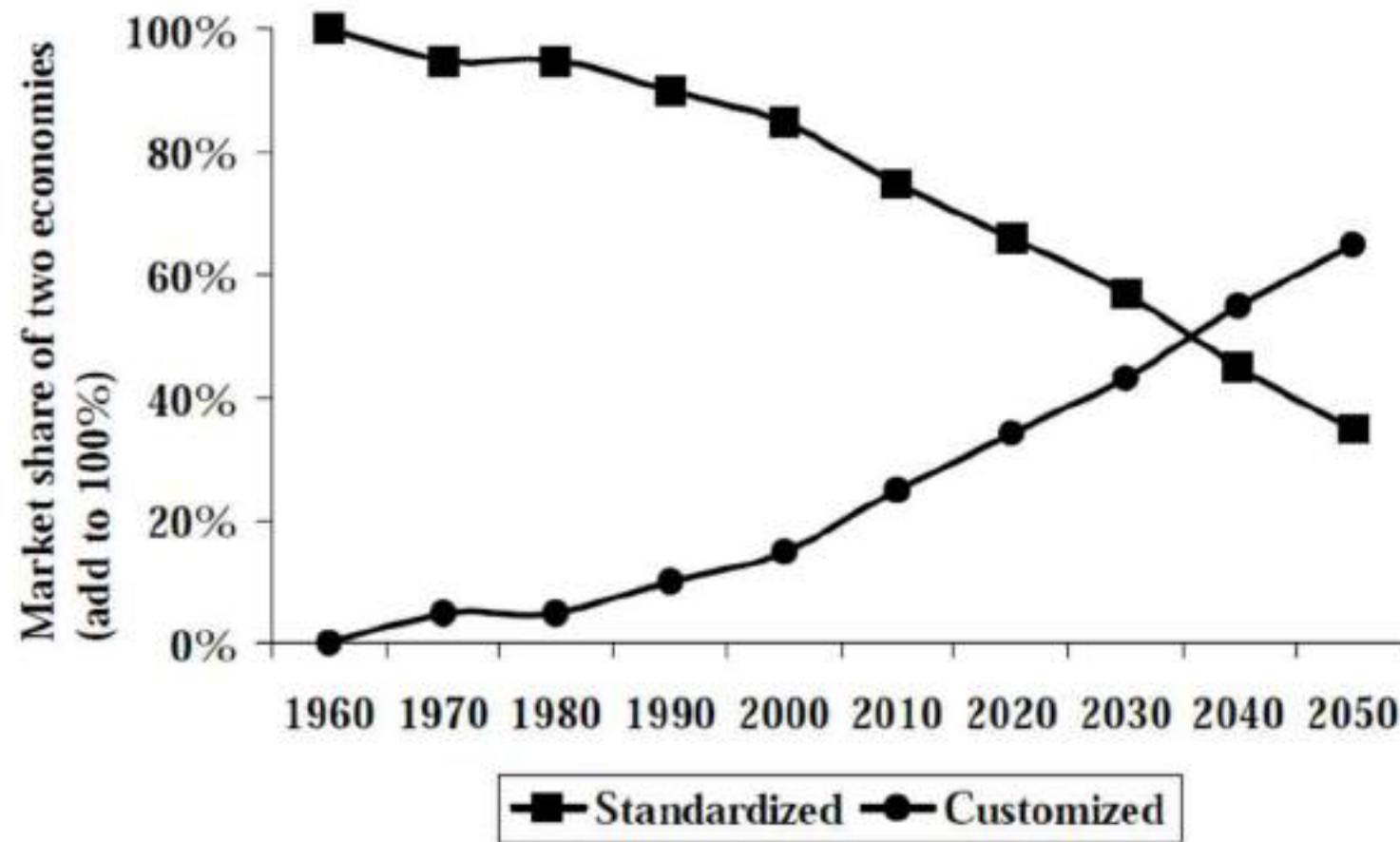
Tendenze

- Sviluppo del mercato
- Esplosione di varietà di prodotti



Sviluppo del mercato *Davis(1987)*

Tendenze di mercato: prodotti standardizzati vs customizzati

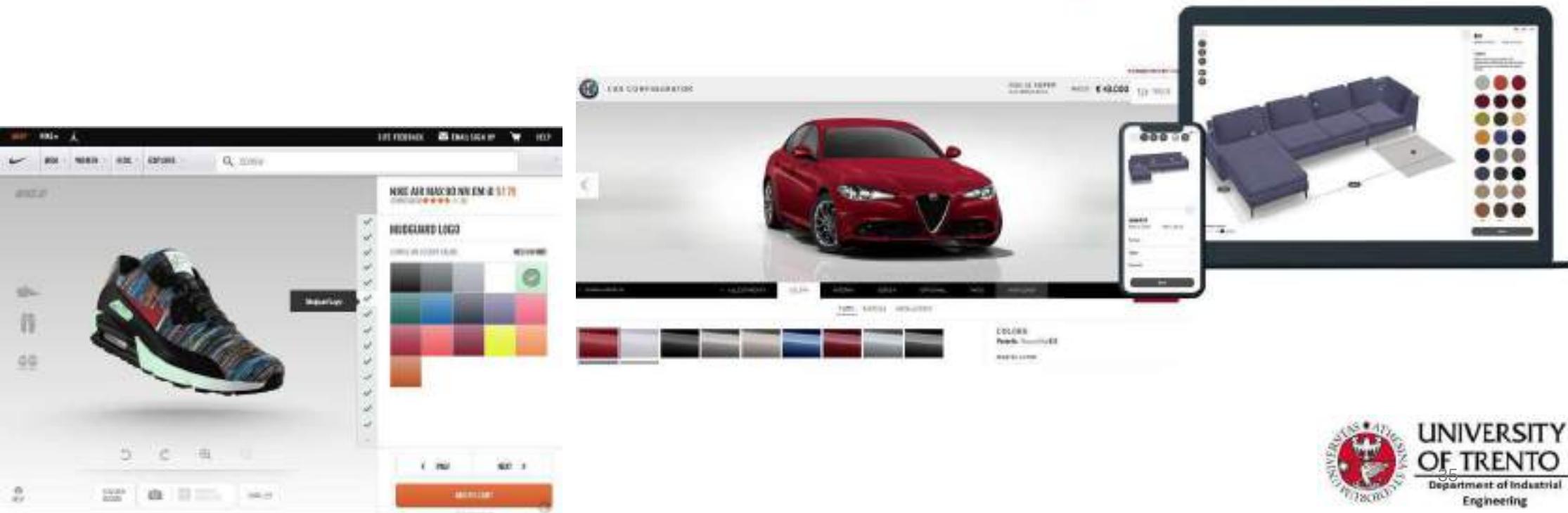


Quota di mercato dei prodotti standardizzati vs customizzati
(Schuler & Buehlmann, 2003)

Che cosa è la Mass Customization?

Mass customization (MC) è definita come la capacità di un'organizzazione di fornire prodotti e servizi customizzati che soddisfano le esigenze idiosincratiche di ciascun cliente senza compromessi considerevoli in termini di costi, consegna e qualità

(*Suzic et al. (2018), basato su Pine 1993; Liu, Shah, and Schroeder 2006; Squire et al. 2006*)



Customizzazione artigianale vs Mass customization



Chocomize - Customizzazione artigianale

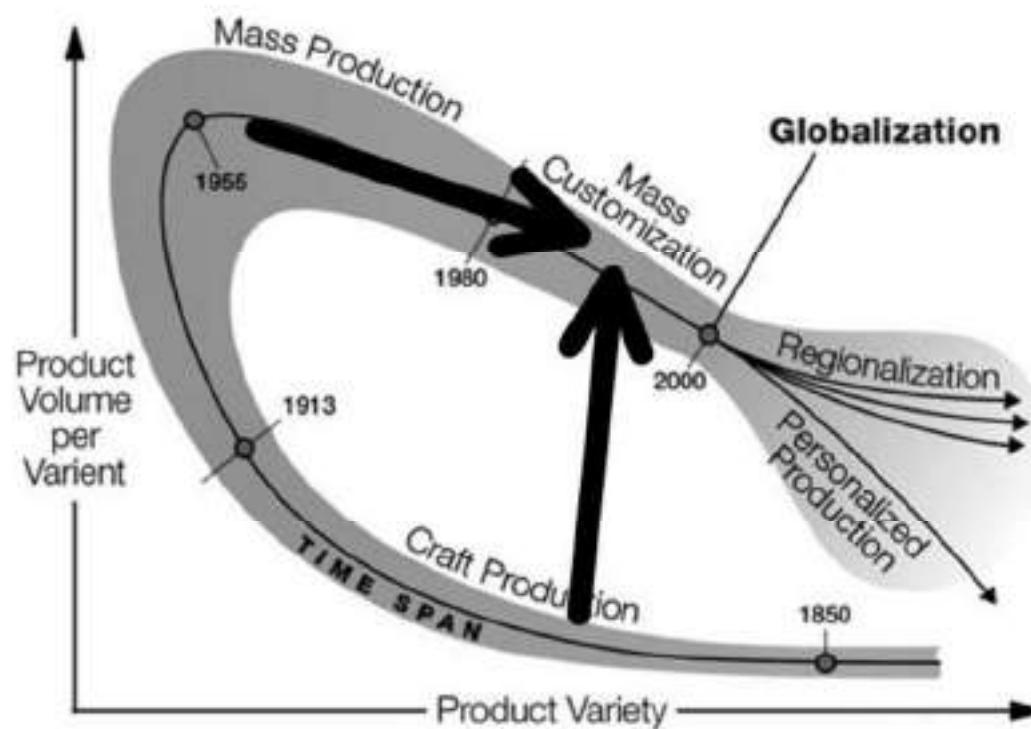


Mass Customization



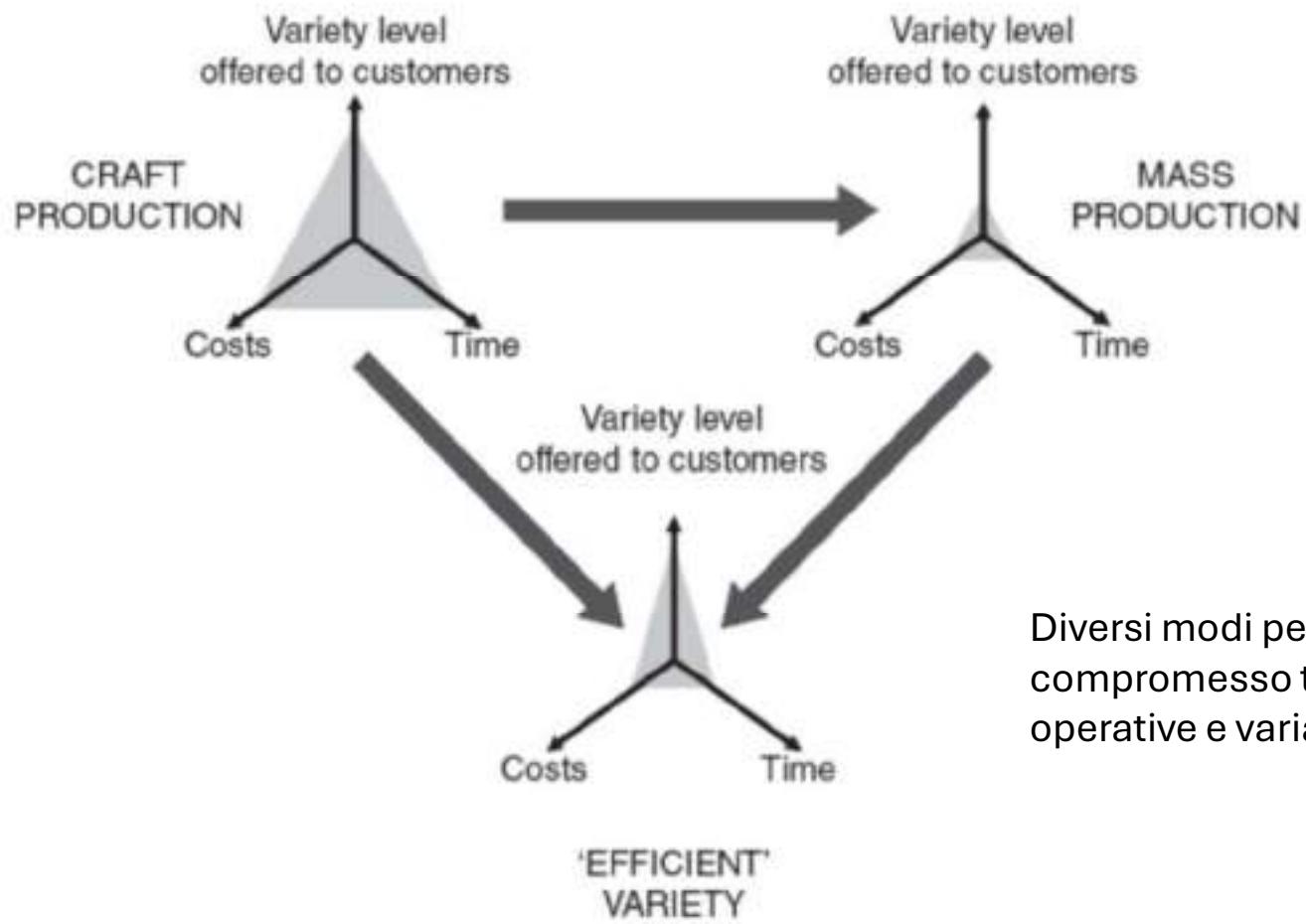
UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

Diventare produttore MC



Sviluppo dei sistemi di produzione nel tempo e modalità di emergere del produttore MC

The name of the game – Varietà efficiente

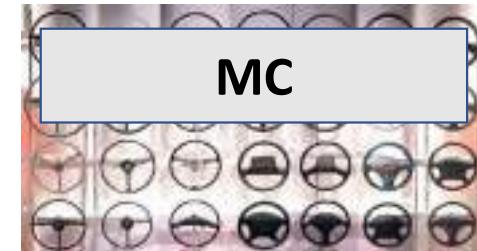


Diversi modi per superare il compromesso tra prestazioni operative e variabilità del prodotto



Cos'è la mass customization?

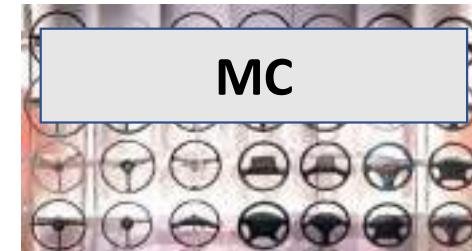
- Mass customization sfida il presupposto "**taglia unica**" della produzione di massa:
 - 1) *Esigenze peculiari dei clienti*: l'azienda deve essere in grado di identificare gli attributi del prodotto in cui le **esigenze dei clienti divergono**
 - 2) *Efficienza della produzione di massa* - In grado di offrire ai clienti ciò che desiderano, idealmente **senza penalità in termini di costi, tempi e qualità** - Prezzo, velocità e qualità paragonabili alla produzione di massa
 - 3) *Ridurre al minimo la complessità della scelta* - supportare ogni cliente nell'identificazione della **sua soluzione**. Semplificazione del processo di navigazione dell'assortimento prodotti dell'azienda
- TUTTAVIA **adattarsi perfettamente** a queste condizioni **non è realistico** e possiamo parlare di un continuum tra produzione di massa e mass customization



Le leve di Mass Customization

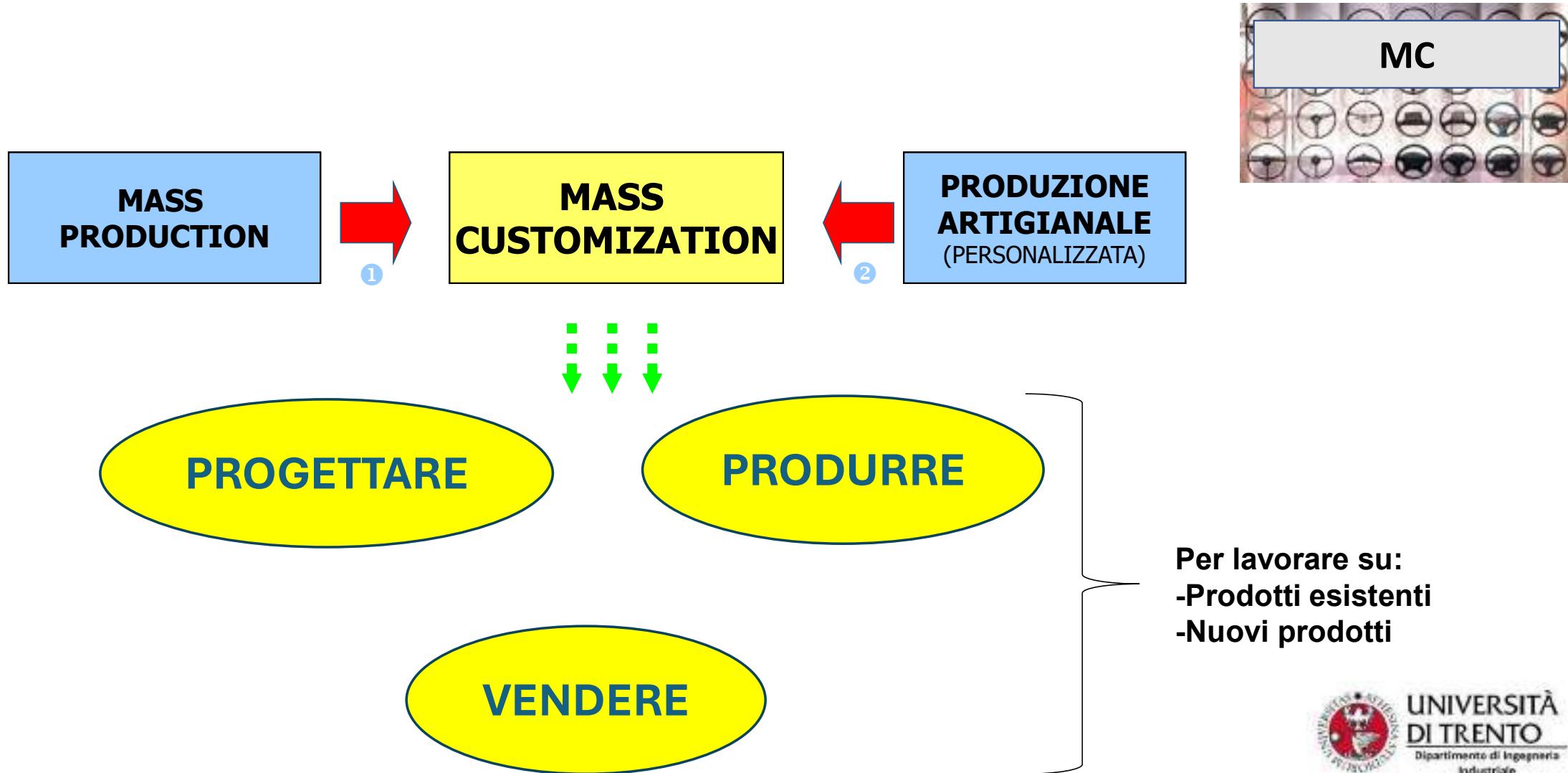
- I principali leve di MC:

- L1 – Standardizzazione delle parti
- L2 - Modularità di prodotto
- L3 - Piattaforme di prodotto
- L4 - Group technology
- L5 - Attrezzaggi veloci
- L6 - Linee di assemblaggio a modelli misti
- L7 - Configuratori del prodotto
- L8 - Personalizzazione del prodotto finito al più tardi (Form postponement)
- L9 - Virtual build-to-order (VBTO)



**Approccio olistico
alla gestione
varietà prodotti**

Percorsi verso la personalizzazione di massa e le migliori pratiche



La standardizzazione delle parti è un approccio di progettazione e produzione in cui due o più componenti diversi di un prodotto o di più prodotti/generazioni di prodotti vengono sostituiti da un componente comune in grado di svolgere le funzioni di tutti i componenti che sostituisce

(Suzić, Forza, et al. 2018, 871 based on Perera, Nagarur, and Tabucanon 1999; Swaminathan 2001; Caux, David, and Pierreval 2006).



Standardizzazione
delle parti

La varietà del prodotto (**varietà esterna**) porta all'aumento della **varietà interna**, che si riduce al **numero di parti**



Standardizzazione
delle parti

- La standardizzazione delle parti** significa aumentare il grado di comunanza di una determinata parte nella gamma di prodotti di un'azienda
- Si riferisce a componenti o materiali **acquistati** e **realizzati** internamente

L1 Leva 2 – Standardizzazione delle parti

- Standardizzazione di parti, componenti e processi
 - All'interno di un prodotto
 - In diversi prodotti

**Perché si verifica
la proliferazione di
parti/componenti?**



EFFETTO POSITIVO

- Incrementano le economie di scala



**Standardizzazione
delle parti**

L1

Esempio

Standardizzazione delle parti a posteriori - risultato di una riprogettazione delle parti

La situazione prima di standardizzazione delle parti (6 viti)

La situazione dopo di standardizzazione delle parti (3 viti)



Standardizzazione delle parti

La standardizzazione delle parti a priori - per l'introduzione di NUOVI PRODOTTI - consente il CARRY OVER del pezzo/i

L1 Effetti positivi

- I componenti standardizzati sono generalmente meno costosi
- Attenuano gli effetti della proliferazione dei prodotti sulla complessità di prodotto e processo (*Swaminathan 2001; Heese and Swaminathan 2006*)
- Riduce le scorte e l'incertezza dei tempi di consegna (*Ma, Wang, and Liu 2002; B. Yang, Burns, and Backhouse 2004*)
- Riduce il livello delle scorte di sicurezza necessarie per soddisfare il livello di servizio (*Baker 1985; Hillier 1999; Hillier 2002a; Hillier 2002b*)
- Riduce i costi di produzione attraverso economie di scala (*Fong, Fu, and Li 2004*)

Livello di servizio - rappresenta la probabilità di non esaurire le scorte e di non perdere vendite.



Standardizzazione
delle parti

EFFETTI
POSITIVI

L1 Effetti

- riduzione dei costi di ricerca e sviluppo
- introduzione più rapida di nuovi prodotti
- riduzione dei costi amministrativi grazie al ridotto numero di componenti
- consente di "tirare" più facilmente i pezzi nell'assemblaggio (invece di ordinarli e attenderli) grazie alla riduzione del numero di tipi di pezzi al livello in cui l'organizzazione della loro produzione può essere commutata sul principio **PULL** (*Anderson, 2004b*)



Standardizzazione
delle parti

EFFETTI
POSITIVI

L1 Effetti

- ✓ Potrebbero verificarsi **ECCESIONI DI ABILITÀ/FUNZIONI/CARATTERISTICHE** -quando il pezzo viene utilizzato per scopi molto diversi -AUMENTO DEI COSTI -PROGETTAZIONE SUPERIORE
- ✓ Potrebbe fare l'azienda mancare di ADOTTARE MIGLIORI TECNOLOGIE e PERDERE SULLA DIFFERENZIAZIONE PERCEPITA DEL PRODOTTO da parte del cliente=>**CANIBALIZZAZIONE DI PRODOTTI** DI FASCIA ALTA DA PARTE DI QUELLI DI BASSA FASCIA
- ✓ **I costi di progettazione in eccesso**, tuttavia, possono essere giustificati a causa dei risparmi economici derivanti dalla riduzione degli investimenti in attrezzature, dalle minori scorte di sicurezza necessarie per garantire un determinato livello di servizio e dalla ridotta complessità degli acquisti, della gestione dei materiali, della garanzia della qualità o del supporto post-vendita.



Possibili

**EFFETTI
NEGATIVI**

L1

Standardizzazione delle parti – livello di maturità

Livello di maturità II V	Standardizzazione delle parti: razionalizzazione periodica per eliminare le parti non più necessarie	Standardizzazione delle parti: Limitazione quotidiana dell'introduzione di nuove parti
	1	2
1	Mai fatto	<p>NESSUNA attenzione viene prestata alla proliferazione di parti da parte di:</p> <p>(1) ingegneri di progettazione / produzione e personale addetto agli acquisti e (2) l'organizzazione</p>
2	Abbiamo standardizzato le parti e abbiamo eliminato le parti non più necessarie MA questa è stata un'iniziativa isolata	<p>L'attenzione alla proliferazione delle parti è prestata da:</p> <p>(1) ingegneri di progettazione / produzione e personale addetto agli acquisti</p> <p>(2a) NESSUNA guida alla standardizzazione delle parti (2b) NESSUN supporto SW per la standardizzazione delle parti</p>
3	<p>(1) Esiste una procedura sistematica per eliminare le parti non più necessarie E (2) Questa procedura viene eseguita periodicamente su ALCUNE famiglie di parti</p>	<p>(1, 2a) Esistono linee guida per la standardizzazione delle parti per ingegneri di progettazione / produzione e personale addetto agli acquisti e vengono applicate IN QUALCHE MODO</p> <p>(2b) NESSUN supporto SW</p>
4	<p>(1) E (2) Questa procedura viene eseguita periodicamente su TUTTE le famiglie di parti</p>	<p>(1, 2a) Le linee guida per gli ingegneri di progettazione / produzione e il personale addetto agli acquisti esistono e vengono applicate in modo molto RIGOROSO,</p> <p>(2b) È presente un supporto SW</p>



Modularizzazione del prodotto è un concetto di progettazione del prodotto in cui i prodotti di una famiglia di prodotti sono suddivisi in moduli di prodotto altamente indipendenti (o debolmente accoppiati) e preferibilmente specifici per funzione con interfacce standardizzate ed elevata combinabilità

(Suzić, Forza, et al. 2018, 871 based on Sanchez and Mahoney 1996; Baldwin and Clark 1997; Duray et al. 2000; Schilling 2000; Langlois 2002; Salvador, Forza, and Rungtusanatham 2002b; Hsuan Mikkola and Skjøtt-Larsen 2004; Salvador 2007).

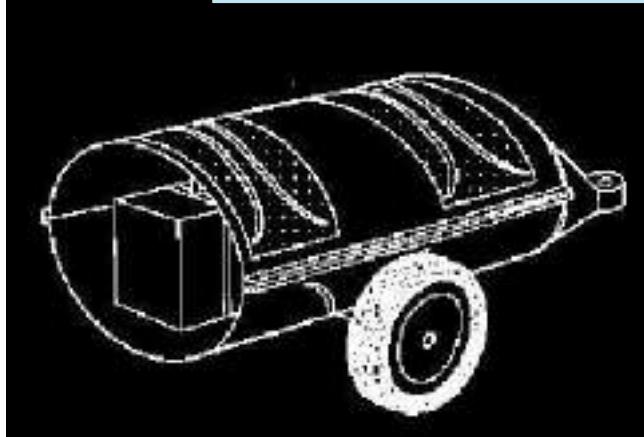


Modularità di prodotto

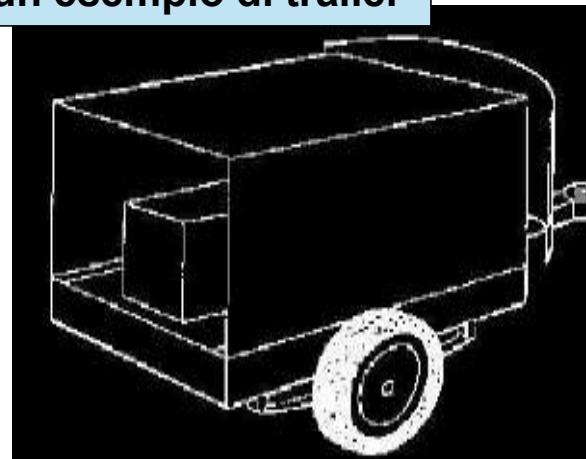
L2 Modularità di prodotto

- Ciascuna funzione è implementata da un componente distinto dedicato
- Interfacce standardizzate

Due tipi di design del prodotto: un esempio di trailer



Progettazione integrale del prodotto



Progettazione modulare del prodotto

- È possibile cambiare qualsiasi componente del prodotto senza dover modificare i componenti che interagiscono con questo
- Maggiore efficienza in progettazione, approvvigionamento e produzione

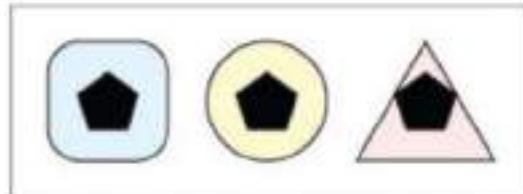


Funzioni:

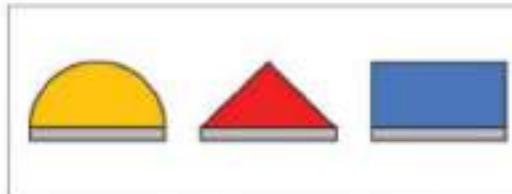
- aerodinamica
- contenimento del carico
- copertura

L2

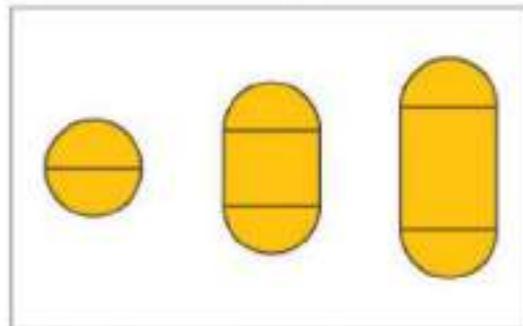
Tipi di modularità



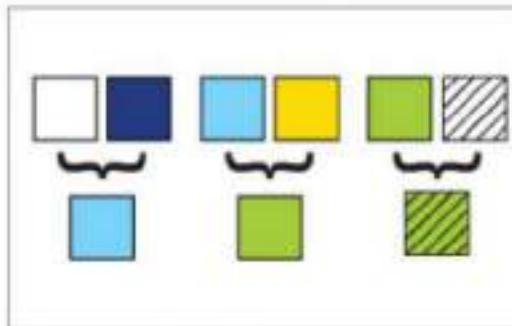
Component-Sharing Modularity



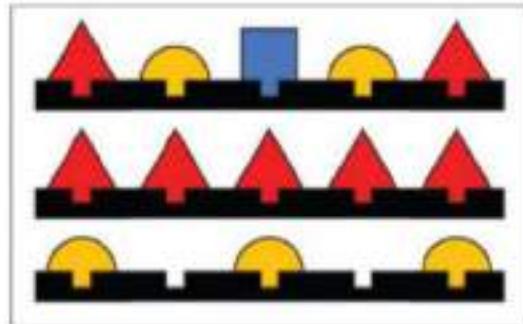
Component-Swapping Modularity



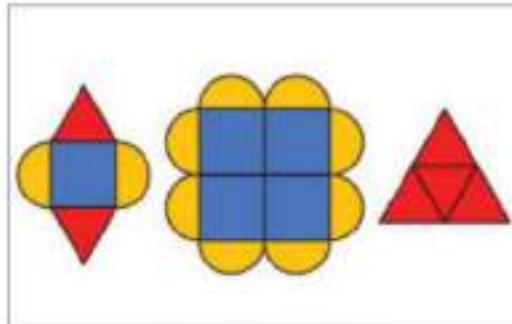
Cut-To-Fit Modularity



Mix Modularity



Bus Modularity

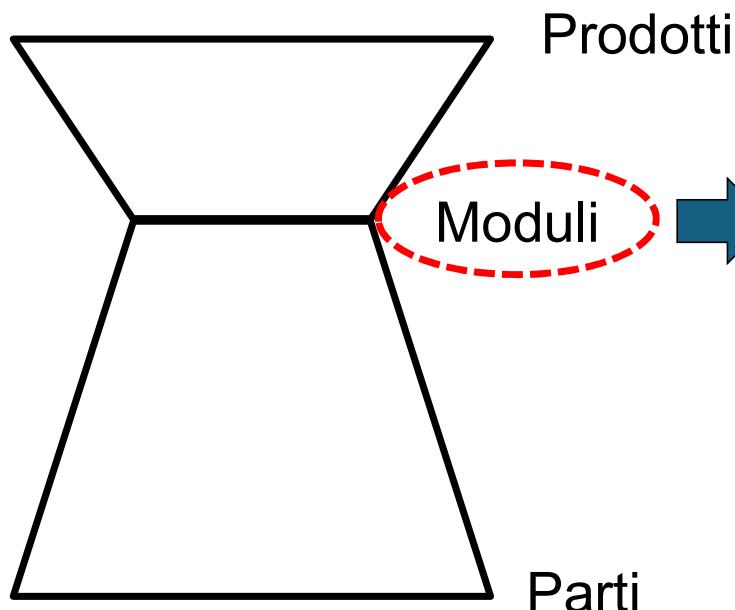


Sectional Modularity



Modularità di
prodotto

Kratochvil and Carson (2005)
based on Ulrich and Tung
(1991)



Assembly to order
(ATO)



L2

Esempi

**Esempio di aggiornamento
del prodotto**
(può essere applicato a
generazioni di prodotti)



Fotocopiatrici Xerox



L2

Esempi



Modularizzazione della cabina del camion – Scania (Sweden)
(Nilsson, 2010)

L2

Esempi



- **Riduce la varietà dei componenti** aumentando il numero di varianti del prodotto finale senza incorrere in un impatto negativo sostanziale sulle prestazioni operative (*Duray et al. 2000; Salvador, Forza, and Rungtusanatham 2002*)
- **Le attività di progettazione e le attività di configurazione** del prodotto sono facilitate una volta che un prodotto è stato modularizzato (*Salvador, Forza, and Rungtusanatham 2002*)
- È possibile **apportare modifiche a qualsiasi dato componente** del prodotto senza dover modificare quelli interagenti
- **Maggiore efficienza nella progettazione, approvvigionamento e produzione**
- La modularizzazione del prodotto porta, attraverso la condivisione dei moduli, i **vantaggi della standardizzazione delle parti**



Modularità di prodotto

EFFETTI POSITIVI

- Sulle prestazioni legate alle proprietà **DIMENSIONE, FORMA, MASSA e MATERIALE** del prodotto (moduli aggiungono a questi)
- l'applicazione eccessiva del metodo di modularizzazione può portare ad un aumento indesiderato del prezzo dei prodotti stessi
(Krishnapillai & Zeid, 2006)
- I concorrenti possono eseguire più facilmente il **REVERSE-ENGINEERING** del prodotto poiché tutte le funzioni sono chiaramente separate



Modularità di prodotto

EFFETTI NEGATIVI

Modularità di prodotto – livello maturità

Livello di maturità II V	Modularizzazione del prodotto
	6
1	Nessuna modularizzazione
2	(1) In ALCUNE delle nostre famiglie di prodotti, tutti i prodotti sono stati pensati in modo tale che ciascuna funzione del prodotto sia eseguita da un blocco specifico (modulo) e non sia eseguita attraverso l'interazione di più blocchi
3	(1) Abbiamo progettato TUTTE le nostre famiglie di prodotti in modo modulare: abbiamo famiglie di moduli (ogni funzione è svolta da un solo modulo) con interfacce standardizzate
4	(1) E (2) I nostri moduli possono avere una durata maggiore rispetto alle singole famiglie di prodotti (esistono piattaforme di prodotto)



- **TRADIZIONALMENTE - sviluppo di un prodotto alla volta**
=> mancanza di comunanza tra diversi prodotti
- PUÒ SUCCEDERE che prodotti diversi utilizzino **materiali diversi** per gli stessi scopi o abbiano **componenti con le stesse specifiche tecniche ma dimensioni diverse**, per cui tali **componenti non possono essere scambiati**



L3

Piattaforme di prodotto

Lo sviluppo della piattaforma di prodotto si riferisce alla definizione di un insieme di parametri di progettazione (caratteristiche, componenti, ecc.) che formano una struttura comune da cui è possibile sviluppare e produrre in modo efficiente un flusso di prodotti derivati (famiglie di prodotti)

(*Suzić, Forza, et al. 2018, 871 based on Meyer and Lehnerd (1997); Robertson and Ulrich (1998); Gonzalez-Zugasti, Otto, and Baker (2000); Simpson, Maier, and Mistree (2001); Simpson (2004)*)

Product platform development

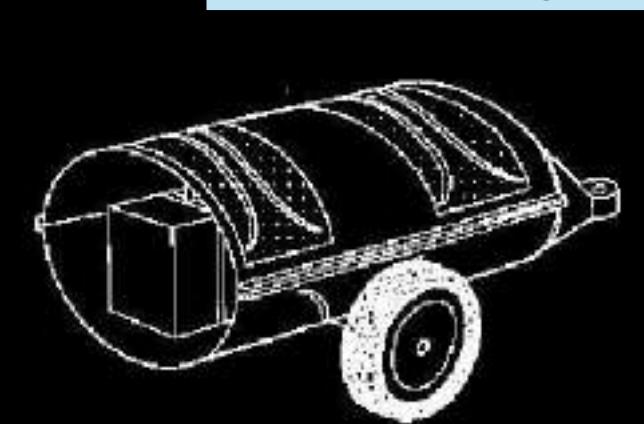


UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

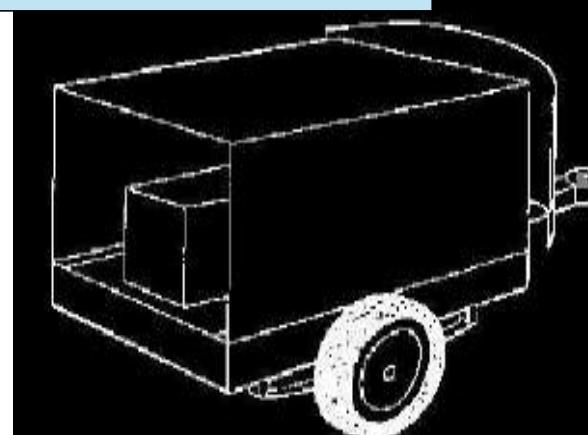
L3

Piattaforme di prodotto

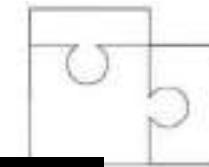
Due tipi di design del prodotto: un esempio di trailer



Progettazione integrale del prodotto



Progettazione modulare del prodotto



Piattaforme di prodotto

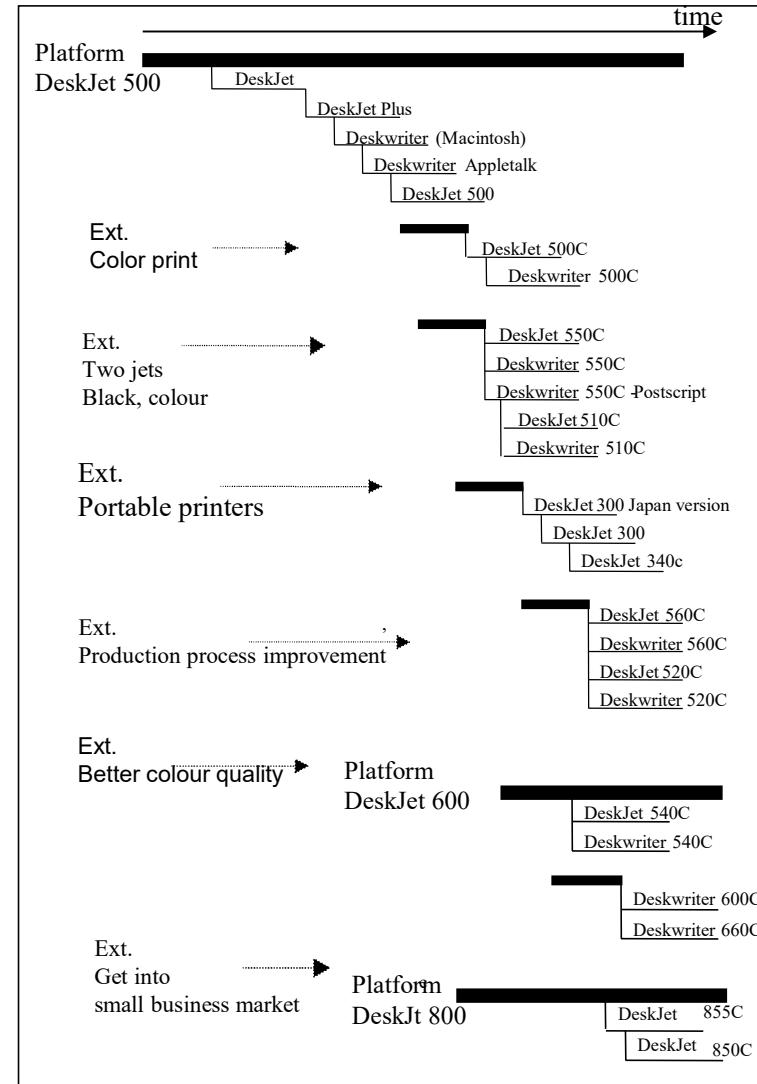
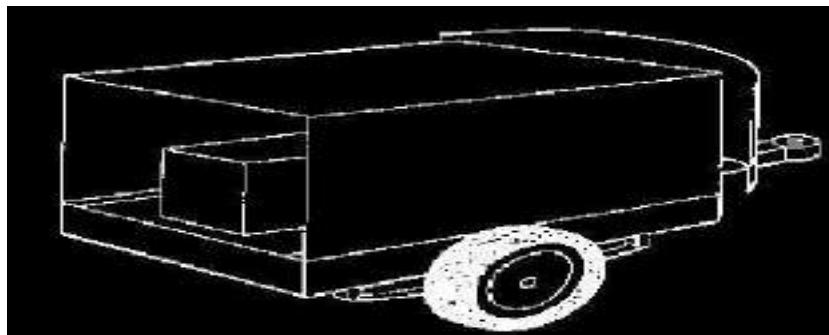


UNIVERSITÀ
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria
Industriale

L3

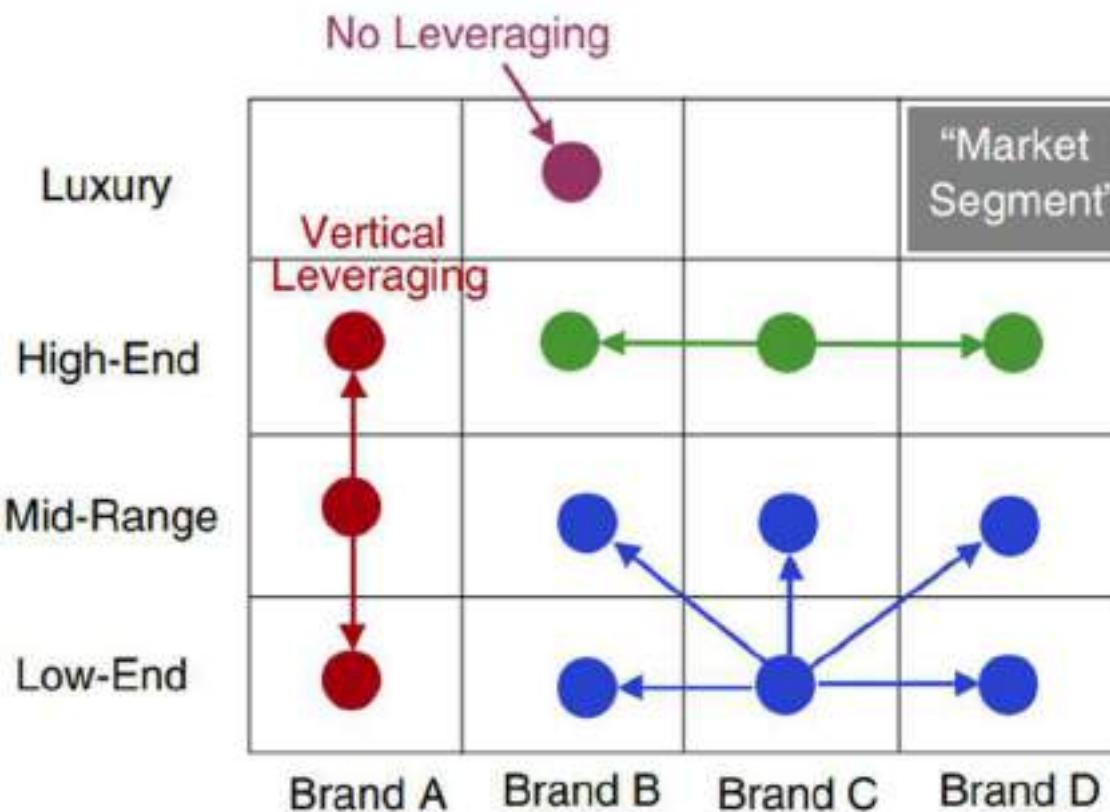
Piattaforme di prodotto

- Simultaneo sviluppo di una intera famiglia di prodotti che
 - risponde ad un insieme di bisogni di mercato correlati
 - hanno la potenzialità di condividere componenti, interfacce tra componenti, e processi di produzione
- Alcuni modelli progettati subito (con piattaforma) - altri progettati successivamente



L3

Utilizzo della piattaforma di prodotto per sfruttare i segmenti di mercato



Diverse strategie di piattaforma di prodotto



Piattaforme di prodotto

Segment	Description	Engine capacity (l.)	Vehicle Size (mm)	N-Shut-in New registration
A	Mini	< 1.0	<3050	1.2
B	Subcompact	1.0 – 1.4	<3745	34.1
C	Lower Medium	1.5 – 2.0	<4230	28.4
D	Upper Medium	1.6 – 2.8	>4470	16.0
E	Executive	2.0 – 3.5	>4800	4.6
F	Luxury Sedan	>3.5	>4800	0.5
G	Specialist Sports	>2.0		2.4
H	Dual Purpose	>2.5		6.4
I	Multi-Purpose	2.0 – 3.0		6.4

Horizontal Leveraging

Beachhead Approach

Product Family Strategy
and Platform Design
Optimization
(de Weck, Suh and Chang,
2004)

L3 Famiglie dei prodotti

- Due tipi base di famiglie di prodotti

1) Famiglie di prodotti modulari (configurabili) - in cui i singoli prodotti vengono creati aggiungendo, modificando e/o rimuovendo uno o più moduli funzionali dalla piattaforma

Famiglia di prodotti Sony – basata sulla piattaforma modulare di prodotti



Piattaforme di prodotto



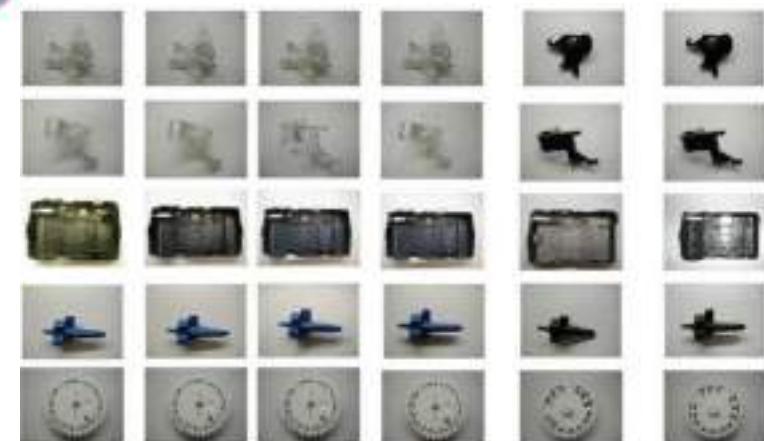
Famiglia di prodotti Boeing – basata sulla piattaforma scalabile di prodotti



2) Famiglie di prodotti scalabili (parametriche) in cui il ridimensionamento di determinate dimensioni variabili viene utilizzato per "allungare" (aumentare le dimensioni) o "ridurre" (ridurre le dimensioni) la piattaforma e quindi soddisfare le esigenze di diverse nicchie di mercato

- Essiste anche **approccio combinato** (*F. Fogliatto, 2011*)

L3 Esempi



Famiglia di prodotti di fotocamere Kodak



UNIVERSITÀ
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria
Industriale

L3 Esempi

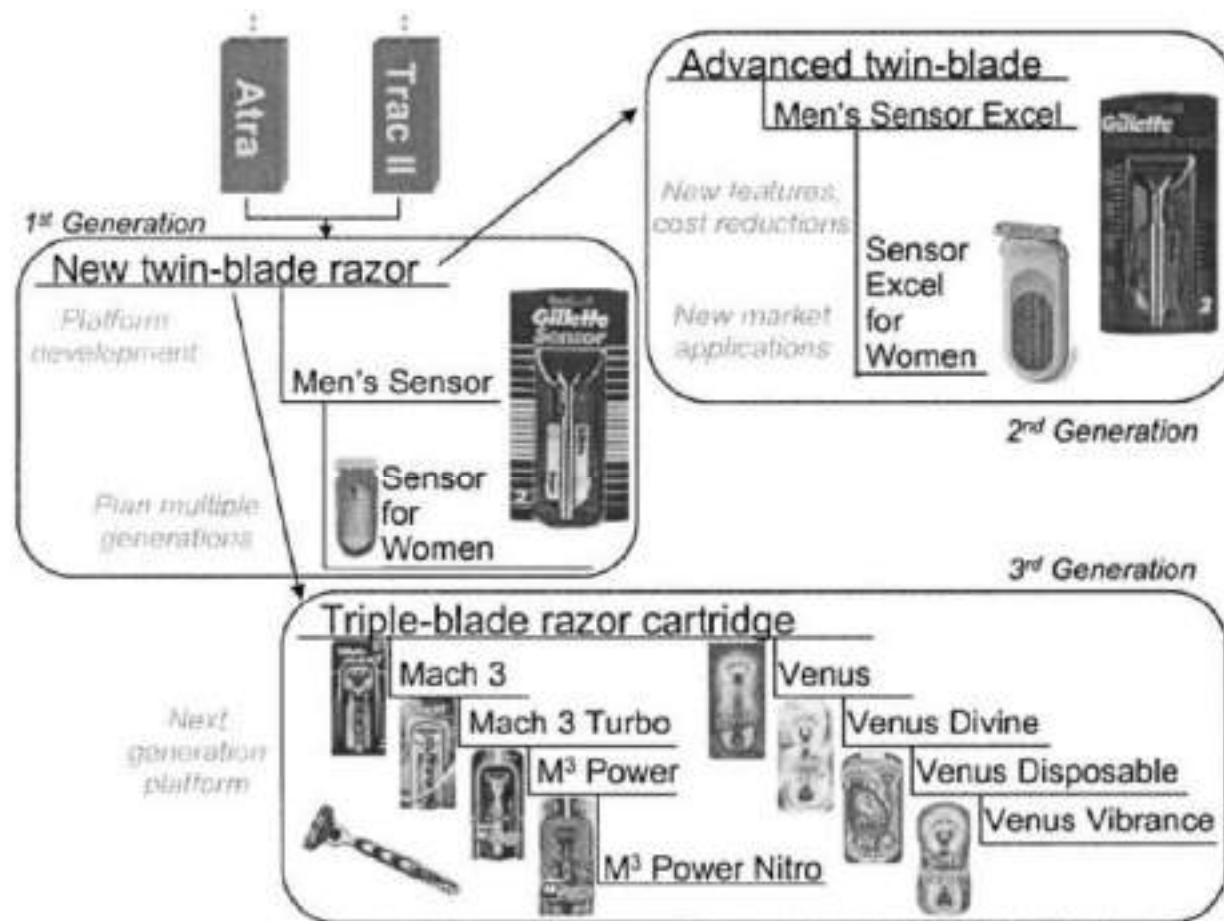


Piattaforme di
prodotto



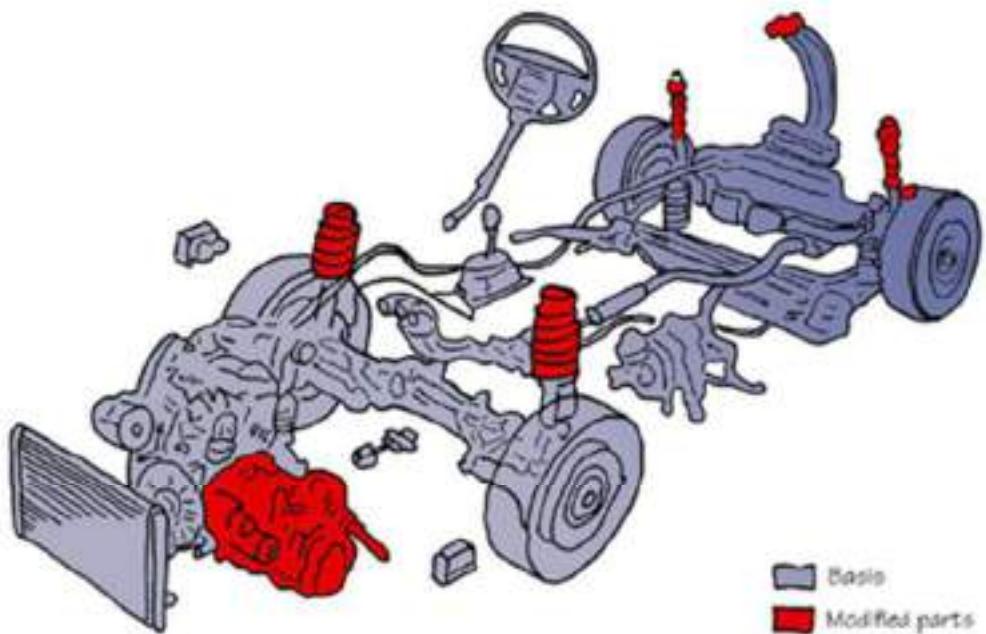
Famiglia di prodotti (utensili elettrici Black e Decker)

L3 Esempi



Mappa della piattaforma di prodotto dei prodotti Gillette

L3 Esempi



Piattaforme di prodotto



Piattaforma di prodotti VW (usata in VW Golf, VW Bora, VW New Beattle, Audi A3, Audi TT, Škoda Octavia etc. (Harlou, 2006)

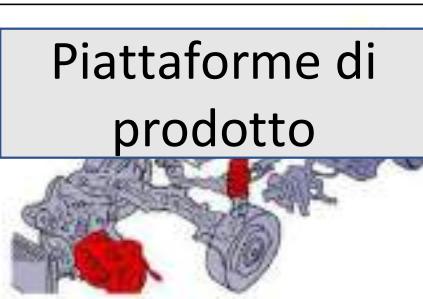
L3 Effetti

EFFETTI POSITIVI

- Utilizzo investimenti per tempi lunghi
- Favorisce curva apprendimento
- Quindi SISTEMI DI INCENTIVAZIONE per sviluppatori di prodotti che li premiano in base alle **PERFORMANCE DELL'INTERA FAMIGLIA DI PRODOTTI** non dei singoli prodotti
- **Maggiore qualità e maggiore producibilità**
- Porta **EFFETTI DELLA STANDARDIZZAZIONE DELLE PARTI**

EFFETTI NEGATIVI

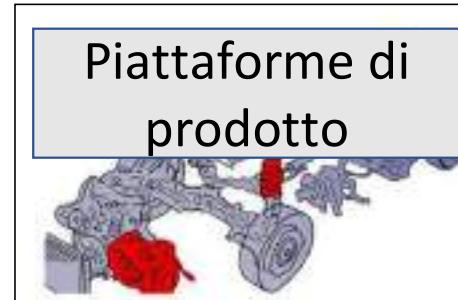
- Il design della piattaforma può allungare il TIME-TO-MARKET per i primi prodotti, ma poi ALTRI PRODOTTI DERIVATI hanno un vantaggio
- Potrebbe portare al CANNIBALISMO di prodotti di fascia alta



L3

Piattaforme di prodotto – livello maturità

Livello di maturità II V	Spazio prodotto organizzato in famiglie di prodotti chiaramente distinte
	5
1	I prodotti non sono raggruppati in famiglie di prodotti
2	(1) UNA PORZIONE dell'assortimento di prodotti è composta da prodotti raggruppati in famiglie di prodotti in base alle somiglianze nelle funzioni del prodotto e nei processi di produzione relativi al prodotto (2) Ma il modo in cui si ottiene il clustering NON è GUIDATO dalle procedure di progettazione
3	(1) UNA PORZIONE <u>CONSIDEREVOLE</u> dell'assortimento di prodotti è ... idem ... (2) Il modo in cui si ottiene il clustering è GUIDATO da procedure di progettazione (3) La distinzione tra famiglie di prodotti è buona, ma può ancora essere notevolmente migliorata
4	(1) L'INTERO assortimento di prodotti è ... idem ... (2) ... idem ... e queste procedure di progettazione sono PROFONDAMENTE ASSORBITE dall'intera organizzazione (3) Le famiglie di prodotti sono CHIARAMENTE DISTINTE e non si sovrappongono



L4 Group technology



Group
technology

Group technology è un approccio di progettazione, produzione e organizzazione utilizzato per gestire la diversità attraverso un raggruppamento basato sulla similarità di parti, prodotti e attività di progettazione/produzione

(Suzić, Forza, et al. 2018, 871 based on Kusiak 1987; Burbidge 1992; Wemmerlov and Johnson 1997; Selim, Askin, and Vakharia 1998; Xu, Zhang, and Huang 2014)

L4 Group technology

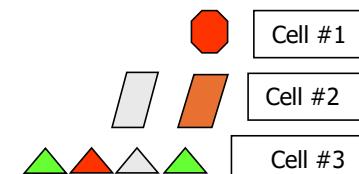
- Filosofia generale che propone il sistematico riconoscimento e sfruttamento delle similarità
- Possono esistere somiglianze tra le parti, i cicli di produzione, i processi decisionali e così via
- Può essere applicata entrambi
 - in produzione (celle)
 - in progettazione



Raggruppamento parti
in base alla loro forma



Raggruppamento macchine
in base a parti processate
invece che
in base a operazione eseguite



- Riduzione del numero di diversi parti da processare in ciascuna postazione di lavoro

L4 Group technology



Assunzione della tecnologia di gruppo:
Se simili per forma e materiale, c'è un'alta probabilità che i loro processi siano simili

L4

Storia di group technology

Part type	Basic geometric shape code									
	Rotational		Sheet and sections Of constant thickness			Solids				
	Without hole on axis	With hole on axis	Flat $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$	Bent	3	4	5	6	7	8
Part class	1	Without shape	Limited curvature	Sheet	1 bend	R+G	Prismoid			
	1	One solid shape	Limited curves		2 bends	GZ+Z	Flat $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$			
	2	Two solid shapes	Limited curvature & curve		3 or more bends	GZ+Z+Z	Prismoid			
	3	Solid from two solids	TUL	Sheet	4 bends	GZ+Z+Z+Z	Z+T			
	4	Conformation of 1+2	Quasi constant section		5 bends	GZ+Z+Z+Z	Z+T+T			
	5	With a curved surface	Quasi constant curvature		6 bends	GZ+Z+Z+Z	Z+T+T+T			
	6	Combined with projections, recessions, holes	Quasi constant curvature		7 bends	Z+GZ	Z+GZ			
	7	Complex	Curve		8 bends	Z+GZ+GZ	Z+GZ+GZ			
	8									
	9									
Part group	0	→ 1	→ 2	→ 3	→ 4	0	→ 1	→ 2	→ 3	1
	No.	Geometries	Threads	Grooves & slots		No.	Geometries	Flats	Opening incision	
	1+2					1+2				
	1+3					1+3				
	2+3					2+3				
	1+2+3					1+2+3				



Group technology

1937 Sokolovskiy (URSS) - descritto le principali caratteristiche della Group technology

1959 Mitrofanov (URSS) - ha pubblicato un libro "Scientific principles of group technology"

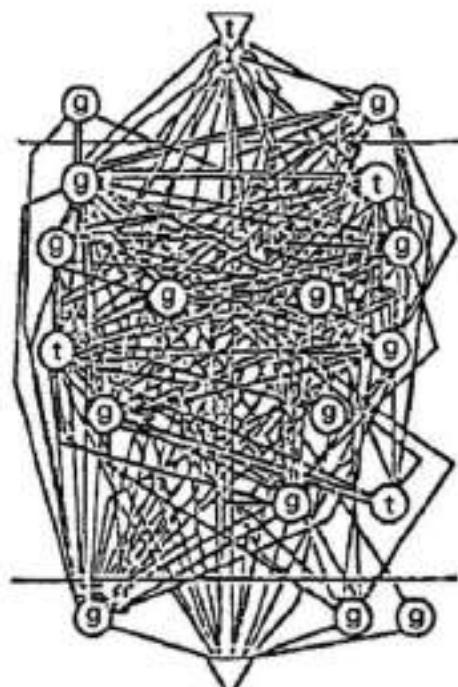
IN RISULTATO: Entro il 1965 - 800 fabbriche in URSS usato Group technology

1960 Opitz (W. Germany) - sviluppo "Part classification and coding system" per pezzi lavorati

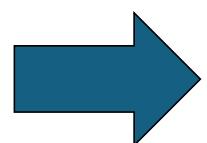
L4 Effetti

Le caratteristiche strutturali del sistema produttivo

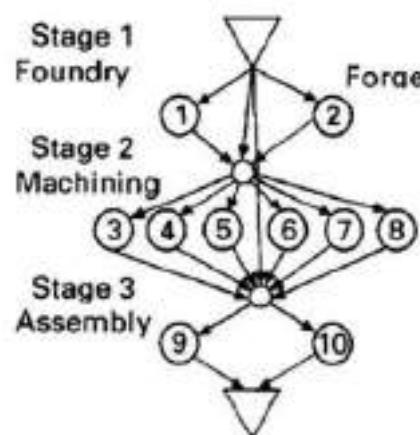
Layout e flusso dei materiali



○ Operazioni



Layout per
processo



Layout a
celle

○ Operazioni
per famiglie
di parti

✓ **Layout a celle**

In più macchinari sono equipaggiati con accessori progettati per famiglie di parti. Quindi non è necessario il tempo di set-up con cambio di ogni tipo di parte

L4 Come si applica?

Le caratteristiche strutturali del sistema produttivo

Layout e flusso dei materiali

	Digit 1	Digit 2	Digit 3	Digit 4	Digit 5
	Part class	External shape; external shape elements	Internal shape; internal shape elements	Plane surface machining	Auxiliary holes and gear teeth
0	L/D < 0.5	0 Smooth, no shape elements	0 No hole, no breakthrough	0 No surface machining	0 No auxiliary hole
1	0.5 < L/D < 3	1 No shape elements	1 No shape elements	1 Surface plane and/or curved in one direction, external	1 Axial, not on pitch circle diameter
2	L/D > 3	2 Stepped to one end or smooth	2 Thread	2 External plane surface related by graduation around a circle	2 Axial on pitch circle diameter
3		3 Functional groove	3 Functional groove	3 External grooves and/or slot	3 Radial, not on pitch circle diameter
4		4 No shape elements	4 No shape elements	4 External spline (polygon)	4 Axial and/or radial and/or other direction
5		5 Thread	5 Thread	5 External plane surface and/or slot, external spline	5 Axial and/or radial on PCD and/or other directions
6		6 Functional groove	6 Functional groove	6 Internal plane surface and/or slot	6 Spur gear teeth
7		7 Functional cone	7 Functional cone	7 Internal spline (polygon)	7 Bevel gear teeth
8		8 Operating thread	8 Operating thread	8 Internal and external polygon, groove and/or slot	8 Other gear teeth
9		9 All others	9 All others	9 All others	9 All others



✓ Layout a celle

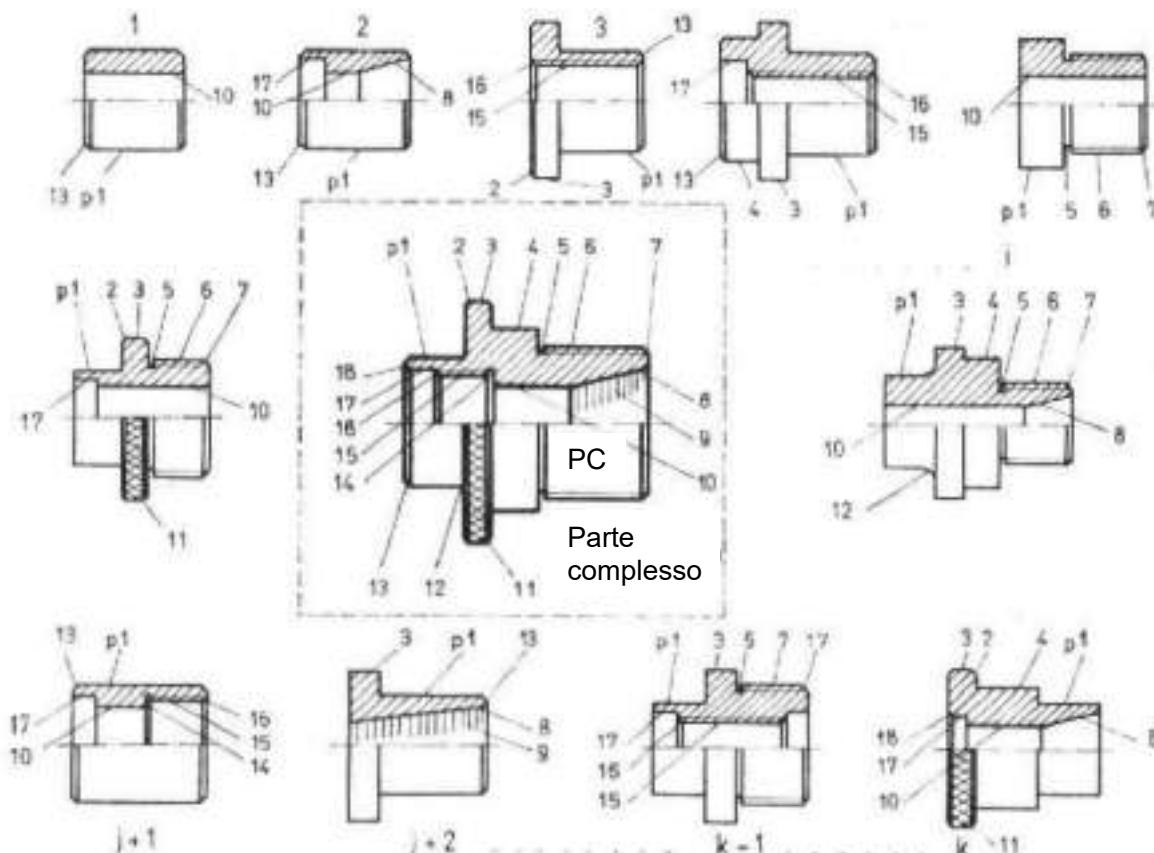
Per poter applicare GT, è necessario CONSERVARE E RECUPERARE EFFICIENTEMENTE le informazioni sul prodotto e/o sul processo => ottenuto dal SISTEMA DI CLASSIFICAZIONE E CODIFICA

In progettazione - Classification and coding system

L4 Come si applica?

Le caratteristiche strutturali del sistema produttivo

Layout e flusso dei materiali



✓ Layout a celle

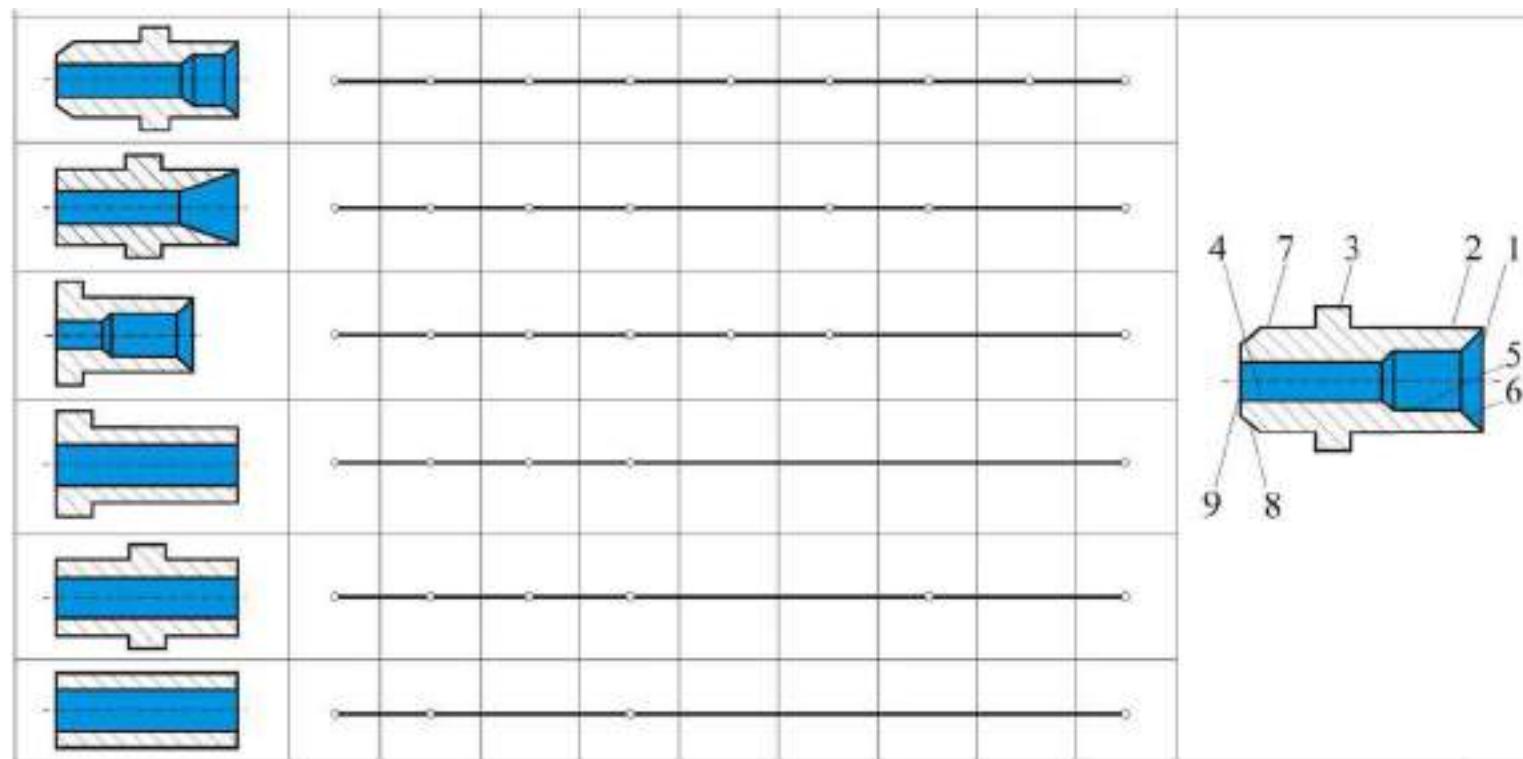
Parte complesso



L4 Come si applica?

Le caratteristiche strutturali del sistema produttivo

Layout e flusso dei materiali



Group
technology

✓ *Layout a celle*

Pezzo complesso

Nella progettazione

EFFETTI POSITIVI

Questi strumenti di classificazione consentono la **classificazione delle parti in gruppi in base alle loro somiglianze** e la CODIFICA in modo che il recupero delle informazioni sia più semplice

- GT **evita di creare nuove parti** se esiste già una parte simile in produzione
- **Rende più BREVE lo sviluppo di nuovi prodotti**
- **RIDUCE la varietà dei pezzi da gestire => MENO CAMBI, MENO STRUMENTI, MENO SCORTE** e così via
- GT potrebbe **ostacolare l'INNOVAZIONE** di prodotti e processi

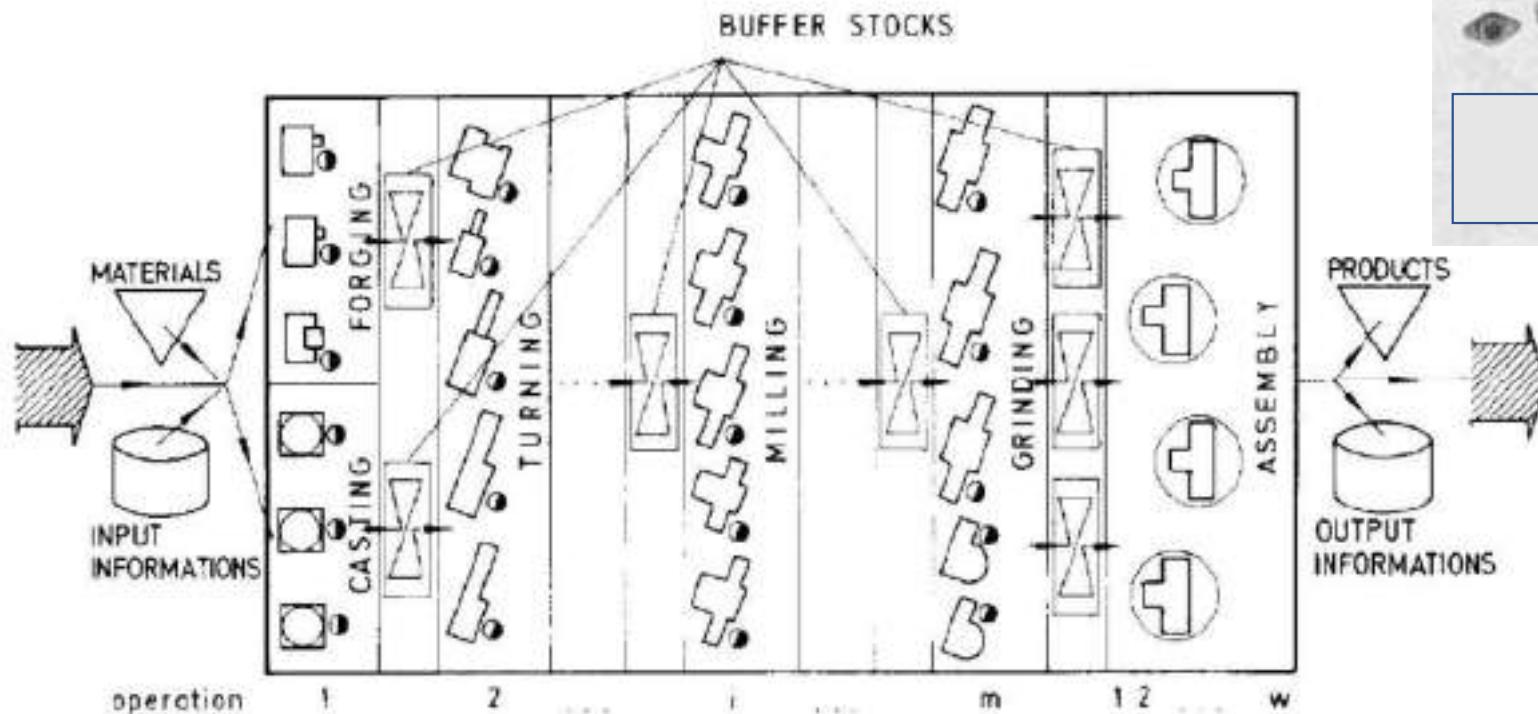


Group technology

EFFETTI NEGATIVI

L4

GT nella produzione



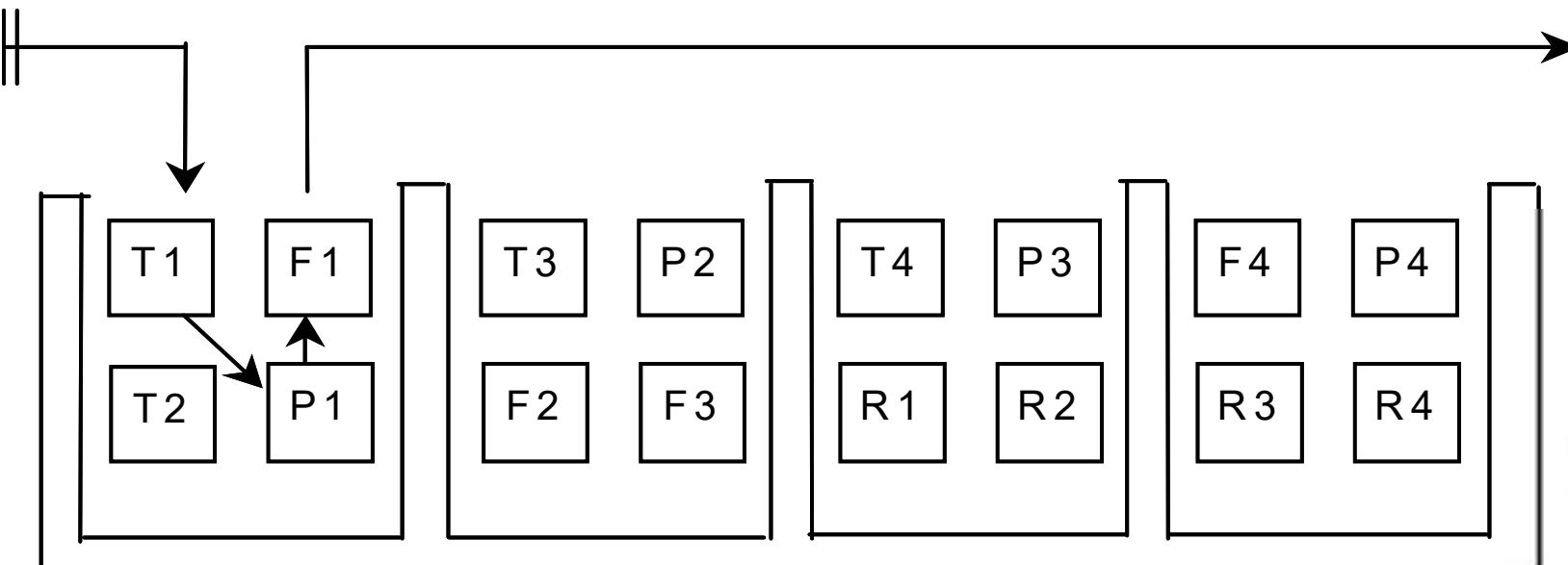
Group
technology

Layout per reparti

L4 GT nella produzione

Layout e flusso dei materiali

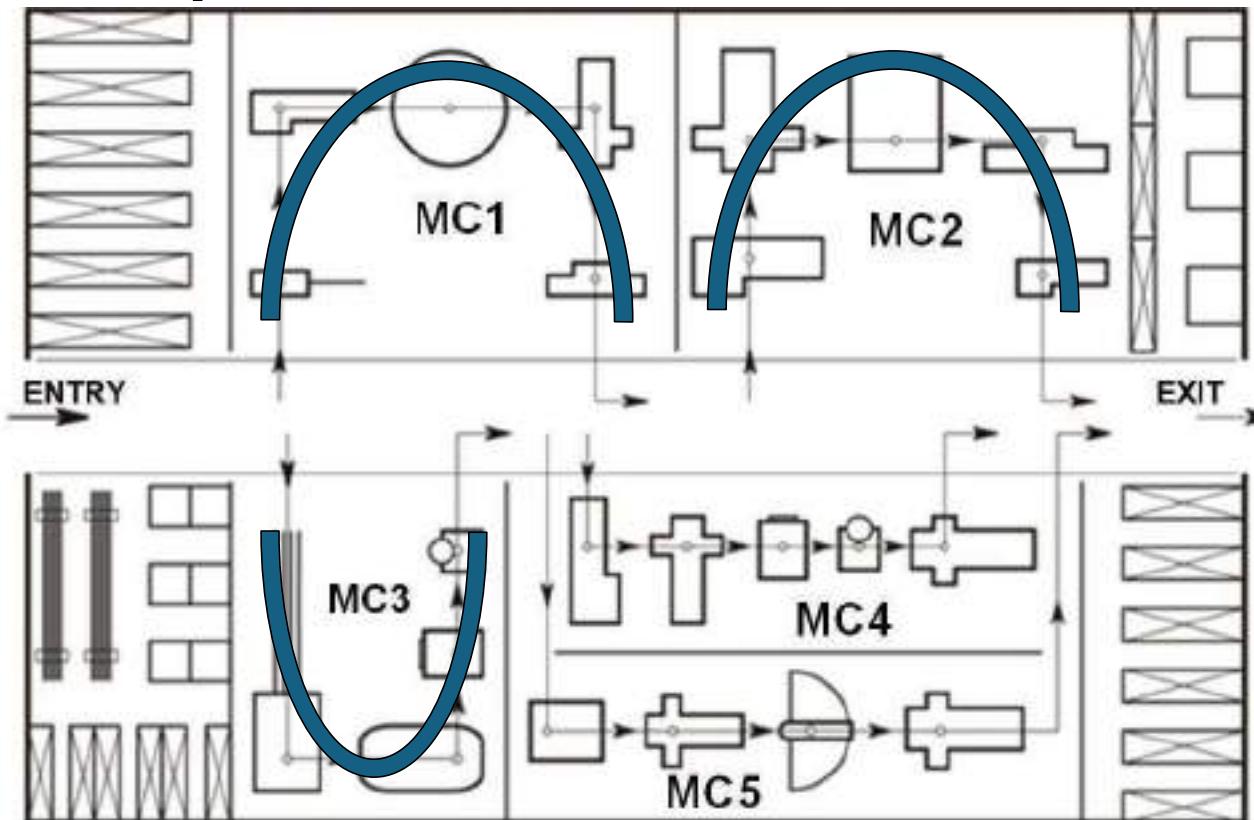
✓ *Layout a celle*



Layout a celle – i pezzi di una famiglia passano solamente per la cella dedicata



Nella produzione



Cell layout dei flussi di materiale



- Raggruppamento in famiglie di parti che hanno **requisiti di lavorazione simili** (OPERAZIONI, TOLLERANZE, UTENSILI e così via)
- Una cella di produzione** è un gruppo di macchine o processi dissimili che si trovano nelle immediate vicinanze e sono **dedicati alla produzione di una famiglia di parti**
- Gli operatori nelle celle** sono esperti nel lavoro di **squadra** e sono formati in modo incrociato (**cross-trained**) in modo che possano spostarsi tra le stazioni e risolvere i problemi

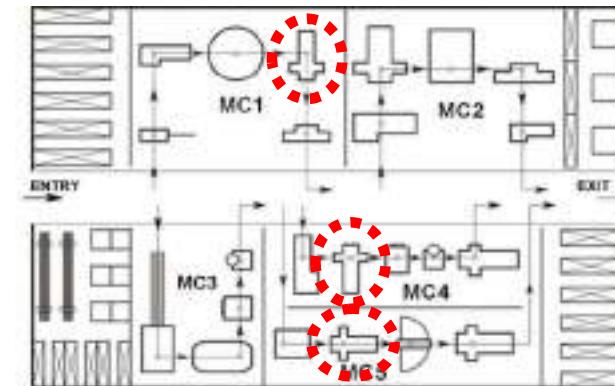
Nella produzione

EFFETTI POSITIVI

- La cella di produzione è EFFICIENTE e FLESSIBILE allo stesso tempo
- Rispetto ai JOB SHOPS => meno riatrezzaggi (riduzione dei tempi di attrezzaggio), semplificazione dei flussi di materiale (riduzione dei tempi di trasferimento), operazioni di sovrapposizione (riduzione dei tempi di esecuzione)
- DIMINUZIONE DEI TEMPI DI REALIZZAZIONE, DIMINUZIONE DELLE MAGAZZINI IN CORSO
- MIGLIORE SODDISFAZIONE SUL LAVORO DEGLI OPERATORI, SEMPLIFICAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE E CONTROLLO e MIGLIORE QUALITÀ DEI PEZZI

EFFETTI NEGATIVI

- **duplicazione della macchina**, necessità di nuovi strumenti e attrezzature, costi di formazione, salari dell'operatore più elevati, perdita di produzione durante l'implementazione



L4 Group technology – livello maturità

Livello di maturità II V	Raggruppamento di parti in famiglie di parti tramite un sistema di classificazione basato sulla somiglianza	Stabilimento con disposizione di macchine operatrici e stazioni di assemblaggio tale da massimizzare la velocità di attraversamento e l'efficienza della lavorazione di famiglie di pezzi e di prodotti	Tempi di attrezzaggio bassi e costantemente ridotti	 Modularità di prodotto
	4	7	8	
1	Le parti non sono raggruppate in famiglie utilizzando criteri di classificazione basati sulla somiglianza (forma, dimensioni e materiali, e quindi processi di produzione)	Le macchine sono raggruppate nello stabilimento in base alla loro somiglianza funzionale	Non abbiamo una visione chiara dei tempi di riattrezzaggio perché non li abbiamo mai considerati	
2	(1) Le parti SONO raggruppate in famiglie utilizzando criteri di classificazione basati sulla somiglianza (forma, dimensione e materiali, e quindi processi di produzione), (2) I criteri utilizzati NON SONO FORMALIZZATI e coincidono con l'esperienza degli ingegneri di produzione e progettazione	(1) I macchinari di fabbricazione e le stazioni di assemblaggio sono in grado di produrre parti / prodotti diversi (all'interno di una famiglia) con un'efficienza simile E (2) I macchinari di fabbricazione e le stazioni di assemblaggio sono raggruppati in base alle famiglie di parti / prodotti a cui sono dedicati	(1) I tempi di riattrezzaggio sono MOLTO LUNGI E (2) Non vengono applicate riduzioni sistematiche dei tempi di riattrezzaggio	
3	(1) E (2) Le famiglie di parti sono formate attraverso un sistema di classificazione MANUALE FORMALIZZATO e strutturato	(1) E (2) E (3) Il posizionamento e l'organizzazione dei macchinari di fabbricazione e delle stazioni di assemblaggio riduce al minimo il tempo impiegato da parti e prodotti per attraversarli	(1) I tempi di riattrezzaggio NON SONO NÉ LUNGI NÉ BREVI E (2) Le riduzioni dei tempi di riattrezzaggio del processo sono ottenute mediante analisi continue e modifiche apportate a: tecnologia utilizzata (utilizzo di macchine con tempi di attrezzaggio ridotti, dispositivi di fissaggio, ausili di posizionamento, strumenti standardizzati, ecc.) E organizzazione (standardizzazione di procedura di set-up, utilizzo di set-up offline, ecc.) OPPURE mediante applicazione di strumenti speciali (dedicati a famiglie di parti e / o famiglie di prodotti)	
4	(1) E (2) Le famiglie di parti sono formate tramite un sistema di classificazione AUTOMATICO (SW)	(1) E (2) E (3) E (4) Abbiamo un sistema per migliorare continuamente la velocità e l'efficienza delle unità autonome nella lavorazione di parti / famiglie di prodotti	(1) I tempi di riattrezzaggio sono MOLTO BREVI E (2) Le riduzioni dei tempi di riattrezzaggio del processo si ottengono con ... idem ... E mediante l'applicazione di strumenti speciali ... idem ...	

L5

Due approcci all'attrezzaggio

- Riattrezaggi sono la conseguenza inevitabile della varietà del prodotto
- La riduzione del tempo di riattrezaggio, anziché attraverso l'aumento della dimensione del lotto, può essere ottenuta con:
 - Miglioramento della programmazione
 - Riducendo il tempo di riattrezaggio singolo attraverso miglioramenti tecnologici o miglioramenti organizzativi

Approccio tradizionale

Approccio innovativo



SMED -
Attrezzaggi veloci

Approccio tradizionale

Riduzione del numero di riattrezaggi

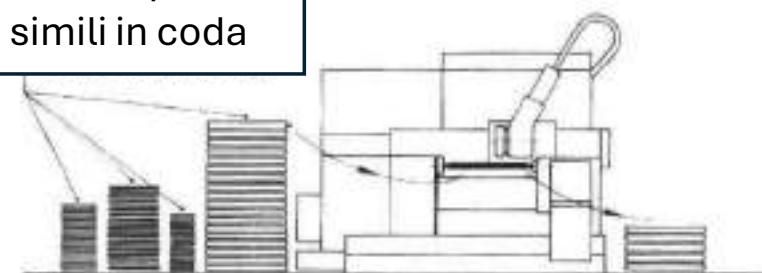
- Programmazione
- Configurazione del prodotto
- Comunanza dei parti

Approccio innovativo

Riduzione del tempo di riattrezaggio unico

- Riattrezaggio fuori linea
- Riattrezaggio separato per famiglia dei parti e riattrezaggi parziali
- Formazione dei lavoratori
- Lavoratori paralleli

Lotti di pezzi simili in coda



EFFETTI POSITIVI

- Consente una produzione efficiente di piccoli lotti
- Modifica le regole di funzionamento del sistema produttivo

EFFETTI
POSITIVI

Riducendo i tempi di riattrezzaggio, è possibile aumentare il numero di riattrezzaggi, se necessario



LA DIMENSIONE MEDIA DEL LOTTO PUÒ SCENDERE

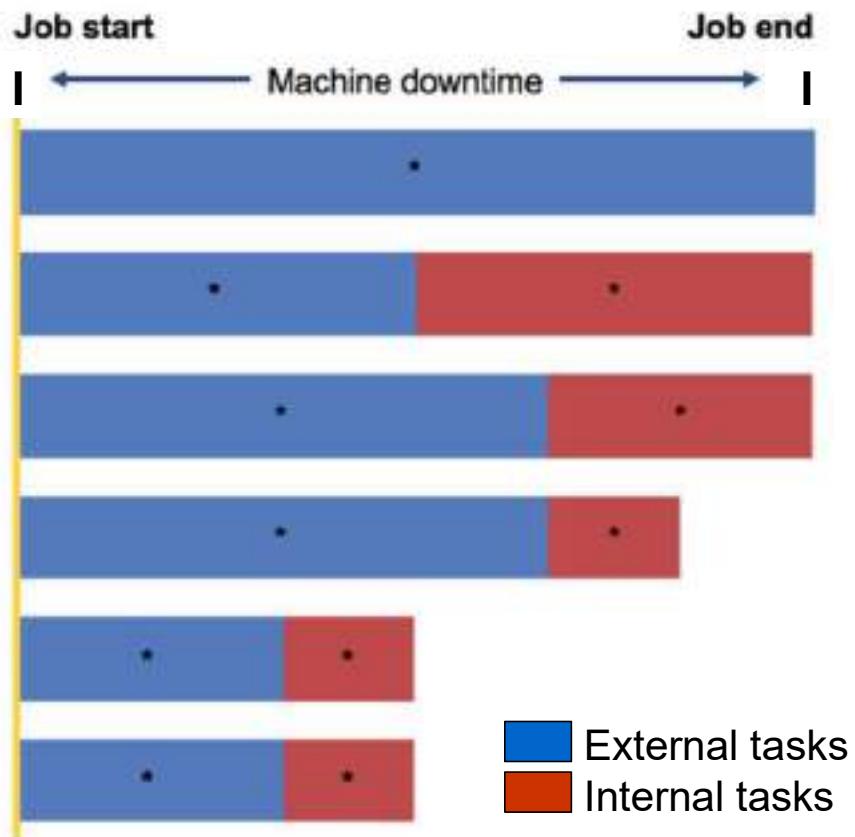


LIVELLI DI INVENTARIO INFERIORI e TEMPI DI CONSEGNA RIDOTTI



SMED Steps**Steps**

- ① Measure total job time
- ② Separate internal and external tasks;
perform external ones while equipment
is running
- ③ Convert internal tasks into external
ones wherever possible
- ④ Eliminate internal waste
- ⑤ Eliminate external waste
- ⑥ Standardize and maintain best practice



L5

Esempi



Cambio gomme anni '50



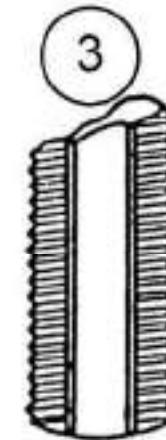
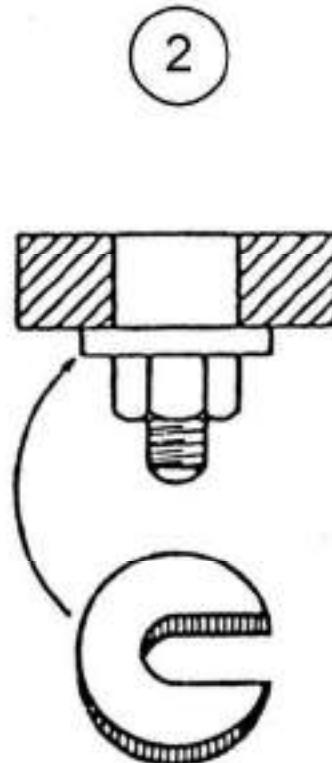
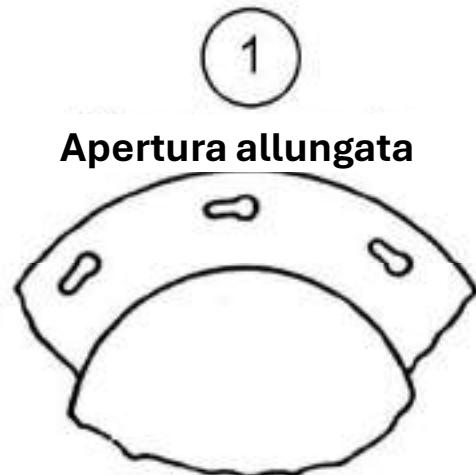
Cambio gomme oggi

Lavoratori paralleli – Formula 1

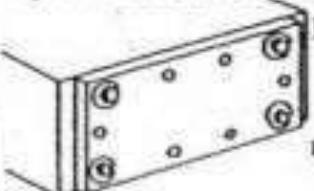
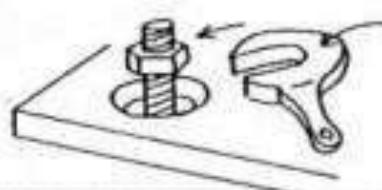
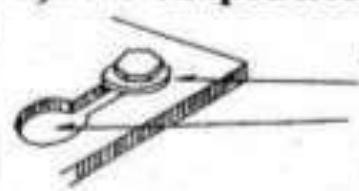
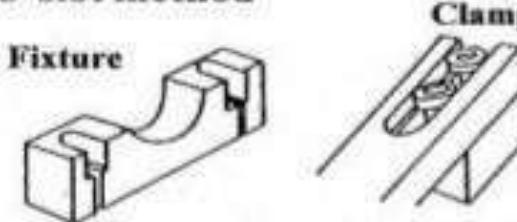
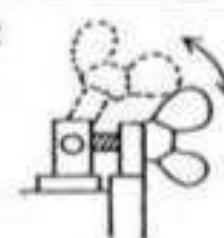


UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

Miglioramenti tecnologici



Miglioramenti tecnologici

<p>1) Reduce # of screws</p>  <p>10 ➤ 4 fixed screw sights Give thorough consideration to the magnitude and direction of forces undergone</p>	<p>2) C-washer method</p>  <p>Don't remove the C-washer</p>
<p>3) Pear-shaped hole method</p>  <p>Tighten here Attach and remove here</p>	<p>4) U-slot method</p>  <p>Fixture Clamp</p>
<p>5) Variation of pear-shaped hole method</p>  <p>Bushing cap</p>	<p>6) Wing nut method</p> 

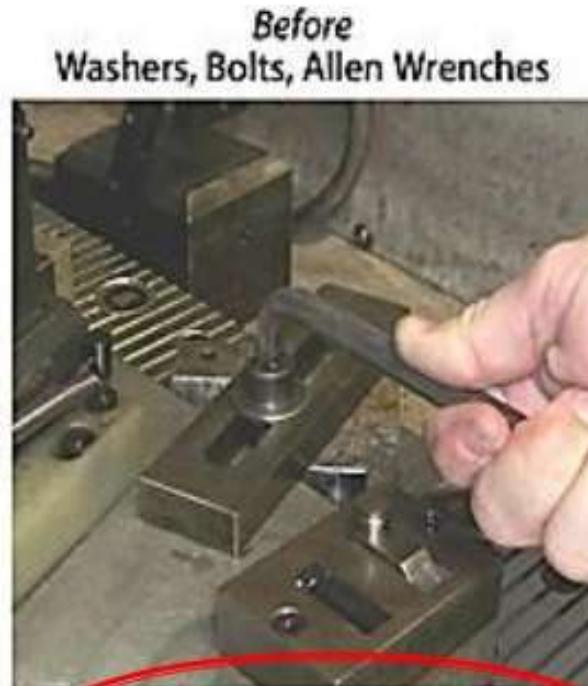


SMED -
Attrezzaggi veloci

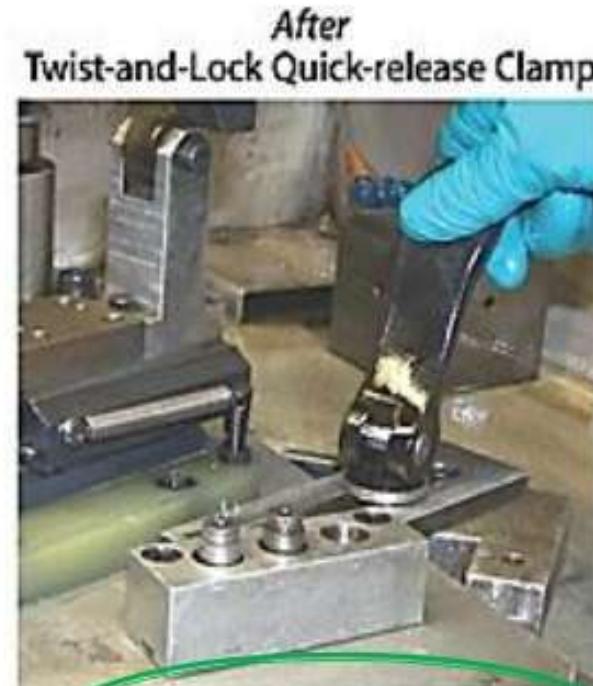


UNIVERSITÀ
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria
Industriale

Miglioramenti tecnologici



Changeover Time = 6 minutes



Changeover Time = 1 minute



SMED -
Attrezzaggi veloci



UNIVERSITÀ
DI TRENTO
Dipartimento di Ingegneria
Industriale

L5

SMED -effetti positivi

- Consente una produzione efficiente di piccoli lotti
- Modifica le regole operative del sistema di produzione
- È possibile cambiare gli utensili più spesso e quindi soddisfare più facilmente i requisiti di una maggior varietà di produzione
- Aumento della produttività (di attrezzature e lavoratori) – aumento della percentuale dei tempi di processo sul tempo di produzione totale
- Aumento della flessibilità – più cambi possibili



EFFETTI
POSITIVI

L5 SMED

- Minore possibilità di scarti – produzione di lotti più piccoli
- Maggiore reattività agli ordini dei clienti
- Riduzione delle scorte/inventario – minore necessità di scorte sempre disponibili
- Migliore qualità – riduzione degli scarti all'inizio del processo
- Riduzione dei tempi di consegna
- Aumento della capacità delle macchine



EFFETTI
POSITIVI

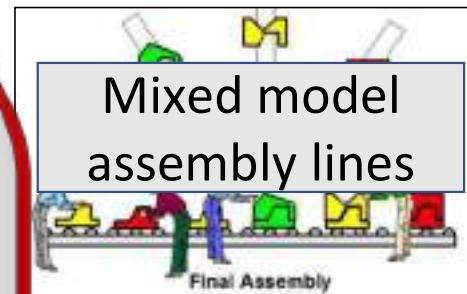
SMED – livello maturità

Livello di maturità II V	Tempi di attrezzaggio bassi e costantemente ridotti
	8
1	Non abbiamo una visione chiara dei tempi di riattrezzaggio perché non li abbiamo mai considerati
2	(1) I tempi di riattrezzaggio sono MOLTO LUNGHI E (2) Non vengono applicate riduzioni sistematiche dei tempi di riattrezzaggio
3	(1) I tempi di riattrezzaggio NON SONO NÉ LUNGHI NÉ BREVI E (2) Le riduzioni dei tempi di riattrezzaggio del processo sono ottenute mediante analisi continue e modifiche apportate a: tecnologia utilizzata (utilizzo di macchine con tempi di attrezzaggio ridotti, dispositivi di fissaggio, ausili di posizionamento, strumenti standardizzati, ecc.) E organizzazione (standardizzazione di procedura di set-up, utilizzo di set-up offline, ecc.) OPPURE mediante applicazione di strumenti speciali (dedicati a famiglie di parti e / o famiglie di prodotti)
4	(1) I tempi di riattrezzaggio sono MOLTO BREVI E (2) Le riduzioni dei tempi di riattrezzaggio del processo si ottengono con ... idem ... E mediante l'applicazione di strumenti speciali ... idem ...



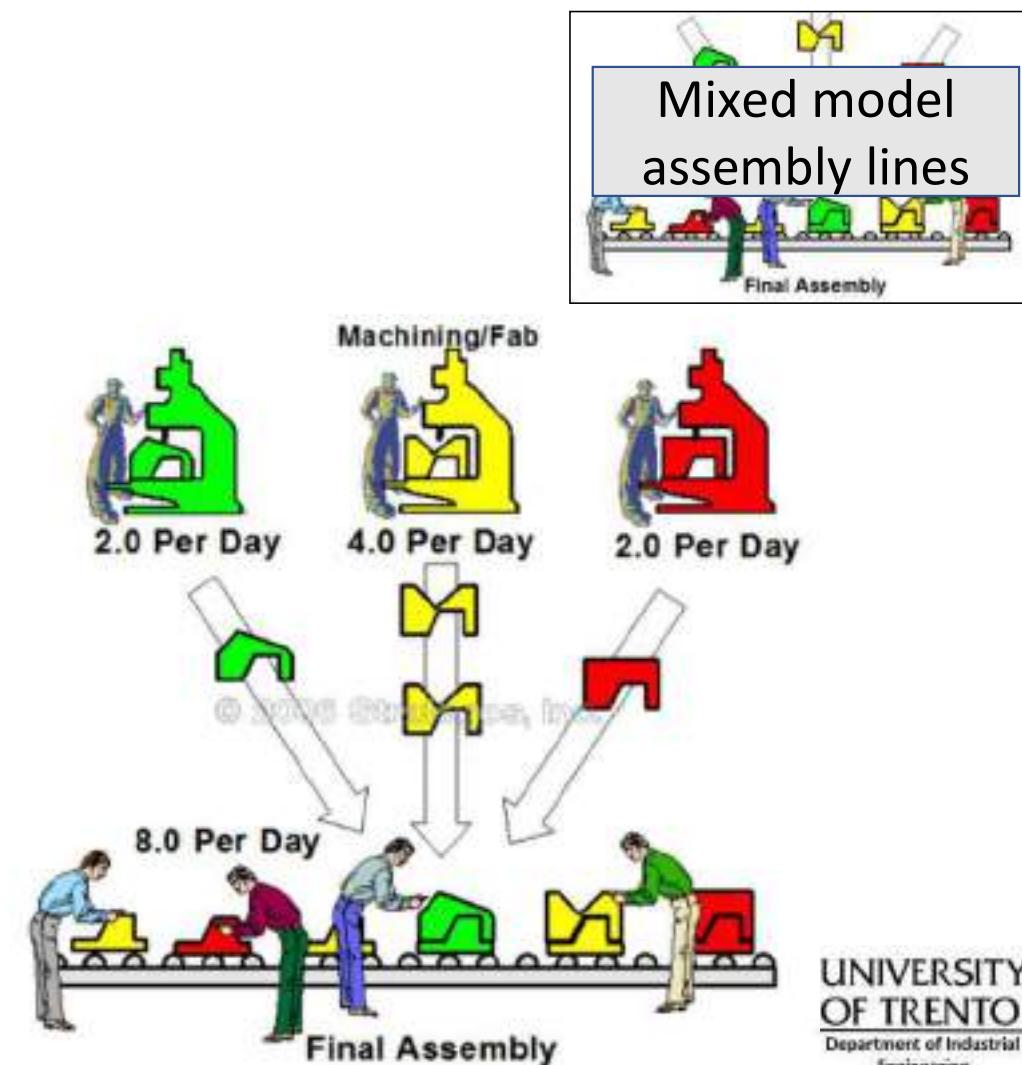
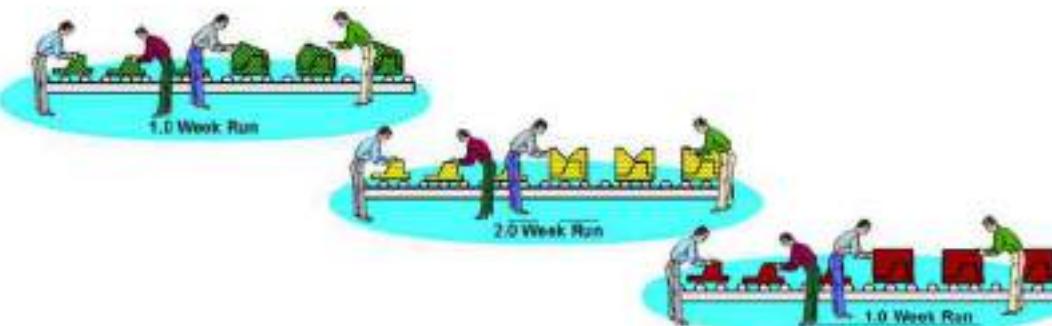
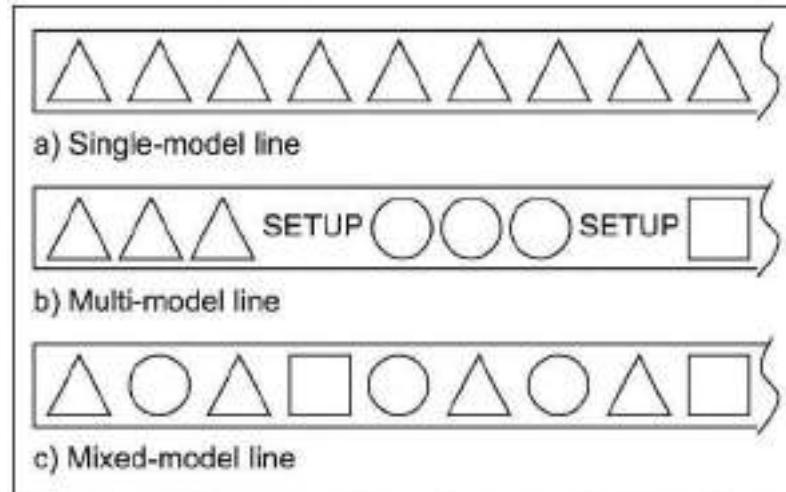
L6 Linee di assemblaggio a modelli misti

Linee di assemblaggio di modelli misti sono linee di montaggio in grado di produrre «unità di modelli diversi in una sequenza arbitraria e interconnessa» (*Becker and Scholl 2006, 696, based on Bukchin, Dar-El, and Rubinovitz 2002*). Le linee di assemblaggio di modelli misti possono accettare un mix diverso di prodotti senza effetti negativi sulla produttività, aumentando così la flessibilità rispetto al mix di prodotti, aumentando la capacità produttiva, riducendo i tempi di consegna, diminuendo gli investimenti in attrezzature per unità di prodotto prodotto e riducendo le scorte (*Bukchin, Dar-El, and Rubinovitz 2002; Becker and Scholl 2006*)



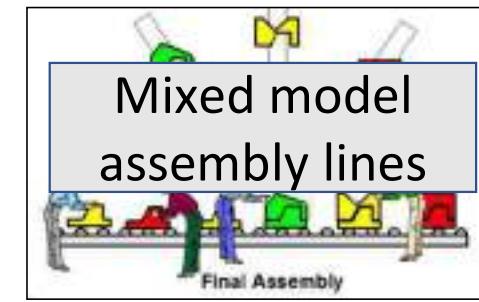
L6

Linee di assemblaggio a modelli misti



L6 Effetti

- Le linee di assemblaggio a modelli misti possono accettare un mix diverso di prodotti senza effetti negativi sulla produttività
- Aumentano la flessibilità rispetto al mix di prodotti
- Aumentano la capacità produttiva
- Riducono i tempi di consegna
- Minori investimenti in attrezzature per unità di prodotto prodotta
- Riducono le scort

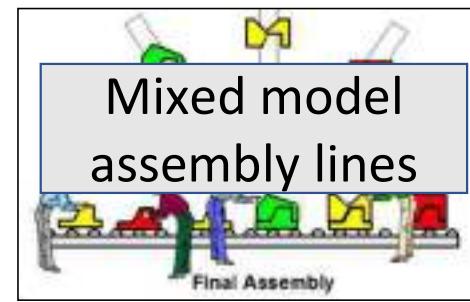


EFFETTI
POSITIVI

(Bukchin, Dar-El, and Rubinovitz 2002; Becker and Scholl 2006)

L6 Effetti

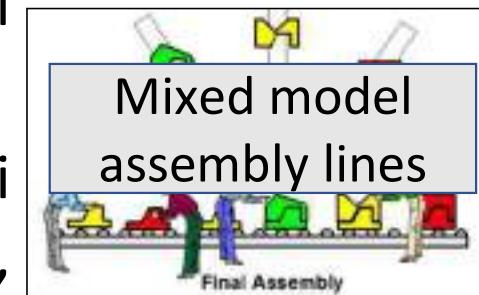
- Effetti positivi su
 - Variabilità della domanda a monte (fornitori)
 - Capacità a monte (fornitori)
 - Scorte a monte (fornitori)
 - Requisiti di spazio
 - Tempi di cambio
- Pianificazione: utilizzando MMAL, il reparto produzione aziendale può influenzare più facilmente il reparto progettazione in termini di necessità di prestare attenzione alla progettazione per l'assemblaggio.
 - In MMAL, la progettazione del prodotto per l'assemblaggio gioca un ruolo molto più importante rispetto alle linee di assemblaggio monomodello.
- Tempo di takt più breve.
- Un flusso di assemblaggio unico è un fattore determinante per la comunanza e un'architettura di prodotto comune.



EFFETTI
POSITIVI

L6 Effetti

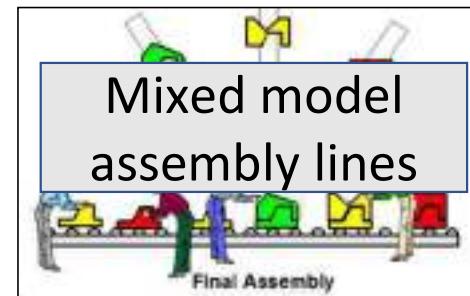
- Le perdite di tempo si verificano a causa di tempi di assemblaggio non uniformi dei singoli prodotti.
- I sistemi di assemblaggio MMAL sono più sensibili ai disturbi che possono verificarsi e che, a causa dell'esistenza di MMAL, influenzano l'intera produzione e non solo una singola linea di modelli.
- I sistemi MMAL richiedono un elevato livello di coinvolgimento nella progettazione del prodotto per funzionare correttamente.
(Jonsson, Medbo, & Engström, 2004)



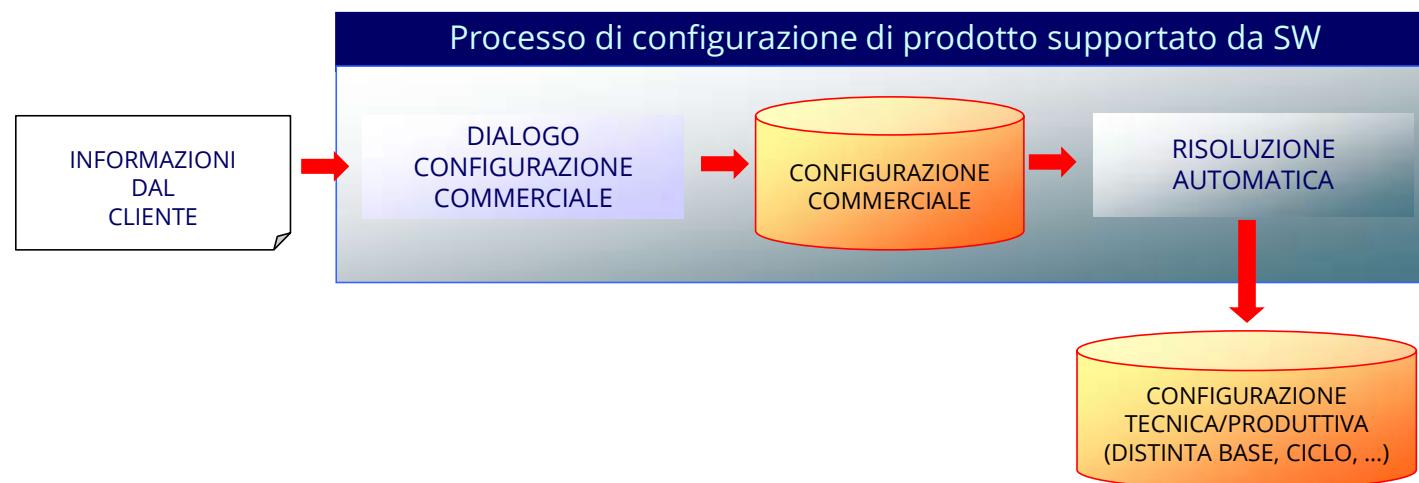
EFFETTI
NEGATIVI

L6 Linee di assemblaggio a modelli misti

Maturity level	Stabilimento con disposizione di macchine operatrici e stazioni di assemblaggio tale da massimizzare la velocità di attraversamento e l'efficienza della lavorazione di famiglie di pezzi e di prodotti
II	
V	
	7
1	Le macchine sono raggruppate nello stabilimento in base alla loro somiglianza funzionale
2	(1) I macchinari di fabbricazione e le stazioni di assemblaggio sono in grado di produrre parti / prodotti diversi (all'interno di una famiglia) con un'efficienza simile E (2) I macchinari di fabbricazione e le stazioni di assemblaggio sono raggruppati in base alle famiglie di parti / prodotti a cui sono dedicati
3	(1) E (2) E (3) Il posizionamento e l'organizzazione dei macchinari di fabbricazione e delle stazioni di assemblaggio riduce al minimo il tempo impiegato da parti e prodotti per attraversarli
4	(1) E (2) E (3) E (4) Abbiamo un sistema per migliorare continuamente la velocità e l'efficienza delle unità autonome nella lavorazione di parti / famiglie di prodotti

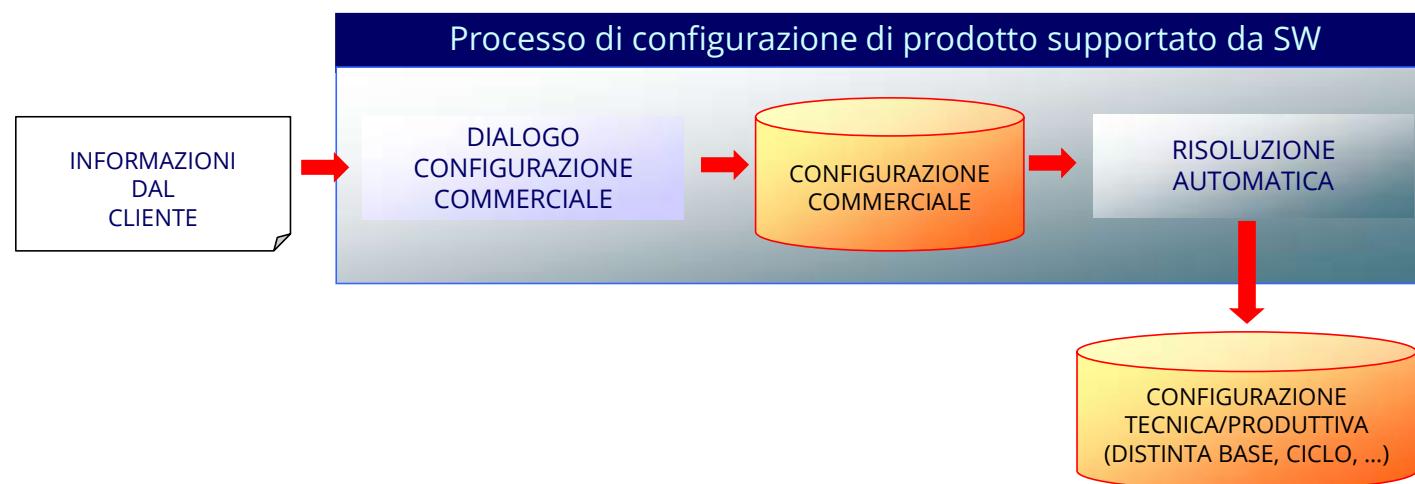


def. La **configurazione del prodotto** implica la generazione di una descrizione valida, completa e coerente (comprendiva di prezzo e termini di consegna) della variante di prodotto che il cliente è disposto ad acquistare e l'azienda si impegna a fornire (**configurazione commerciale**), e quindi tradurre tale descrizione nelle istruzioni operative necessarie per costruire quella variante di prodotto (**configurazione tecnica**)



Forza and Salvador,
2003; Hvam et al., 2008

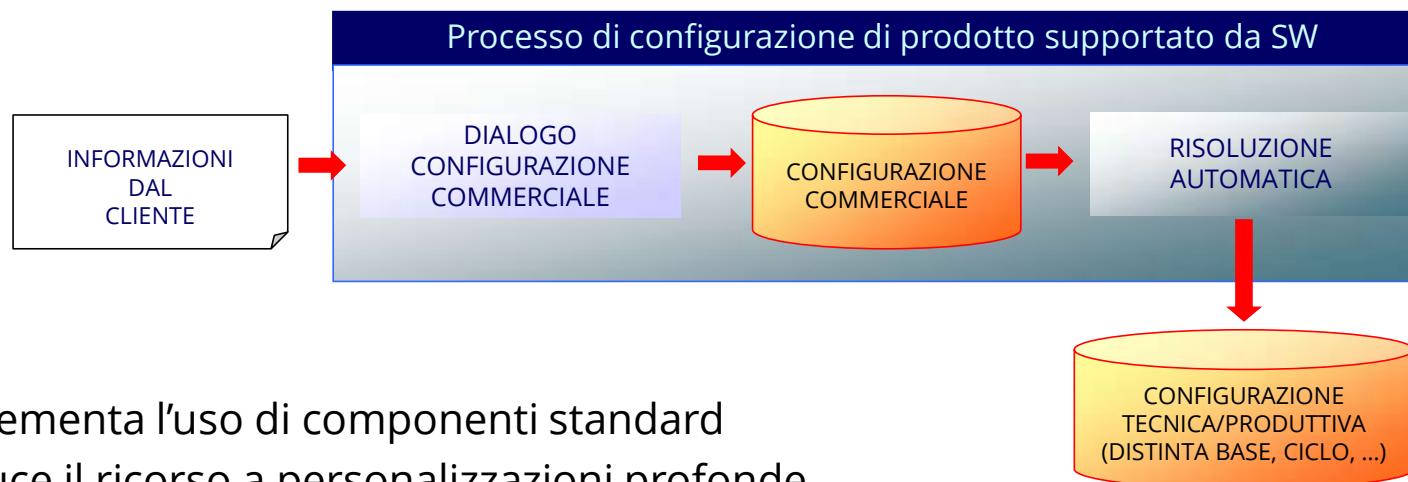
def. La **configurazione del prodotto** implica la generazione di una descrizione valida, completa e coerente (comprendiva di prezzo e termini di consegna) della variante di prodotto che il cliente è disposto ad acquistare e l'azienda si impegna a fornire (**configurazione commerciale**), e quindi tradurre tale descrizione nelle istruzioni operative necessarie per costruire quella variante di prodotto (**configurazione tecnica**)



L7

Configuratore del prodotto

- Predefinizione delle richieste di funzionalità di prodotto da accettate e da rifiutate
- Predefinizione delle modalità di ottenimento di ciascuna funzionalità
- Supporto IT per la presentazione delle funzionalità e per il controllo di congruità sulle scelte effettuate
- Supporto IT per la produzione automatica della distinta base e del ciclo di produzione



- Incrementa l'uso di componenti standard
- Riduce il ricorso a personalizzazioni profonde
- Riduce il carico di lavoro indiretto associato a ciascun ordine
- Lo sforzo decisionale del cliente è semplificato e la sua fiducia viene incrementata

L7

Configuratore del prodotto



- Quindi l'idea è quella di cambiare la TRADIZIONALE gestione "cartacea" degli ordini e la configurazione dei prodotti con la configurazione del prodotto supportata dall'IT
- Tre livelli di configuratori di prodotto:
 - 1) Processi **moderatamente automatizzati**
 - 2) Processi **altamente automatizzati** - uno dei due configuratori (tecnico o commerciale) è totalmente automatizzato mentre l'altro è solo supportato
 - 3) Processi **totalmente automatizzati**



**EFFETTI
POSITIVI**

- Maggior utilizzo di parti standard
- Personalizzazione profonda ridotta
- Carico di lavoro ridotto per ogni ordine (libera l'ufficio tecnico e l'ufficio commerciale - vendite)
- Ridotto sforzo decisionale del cliente e maggiore fiducia del cliente

**EFFETTI
NEGATIVI**

- L'ATTUAZIONE/IMPLEMENTAZIONE PUÒ ESSERE MOLTO DIFFICILE, LUNGA E "DOLOSA" => **RESISTENZA AL CAMBIAMENTO**



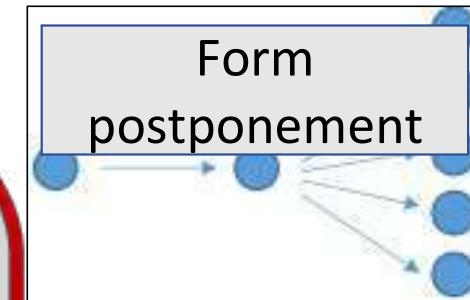
L7

Configuratore del prodotto – livello maturità

Livello di maturità II V	Configuratore tecnico	Configuratore di vendita
	9	10
1	Distinte basi e cicli di produzione (se presenti) sono definiti manualmente eventualmente modificando DB / CI simili (DB - distinta base CI - ciclo di produzione)	Clienti, venditori e addetti tecnico-commerciali (CVTC) non hanno alcun supporto strutturato per scegliere le caratteristiche specifiche del prodotto e controllarne la compatibilità
2	per MOLTE possibili varianti di prodotto di ALCUNE famiglie di prodotti DB e / o CI vengono generati automaticamente	CVTC hanno un supporto strutturato (senza SW) per scegliere ... e controllare ...
3	per la MAGGIOR PARTE delle possibili varianti di prodotto di QUASI TUTTE le famiglie di prodotti DB e / o CI vengono generati automaticamente	C o V o TC utilizzano un software per scegliere le caratteristiche PRINCIPALI dei prodotti e controllarne la compatibilità (almeno per le famiglie di prodotti PIÙ IMPORTANTI)
4	per QUASI TUTTE le possibili varianti di prodotto di TUTTE le famiglie di prodotti DB e / o CI vengono generati automaticamente	C e / o V utilizzano un software per scegliere TUTTE le caratteristiche dei prodotti e controllarne la compatibilità (per TUTTE o QUASI TUTTE le famiglie di prodotti)



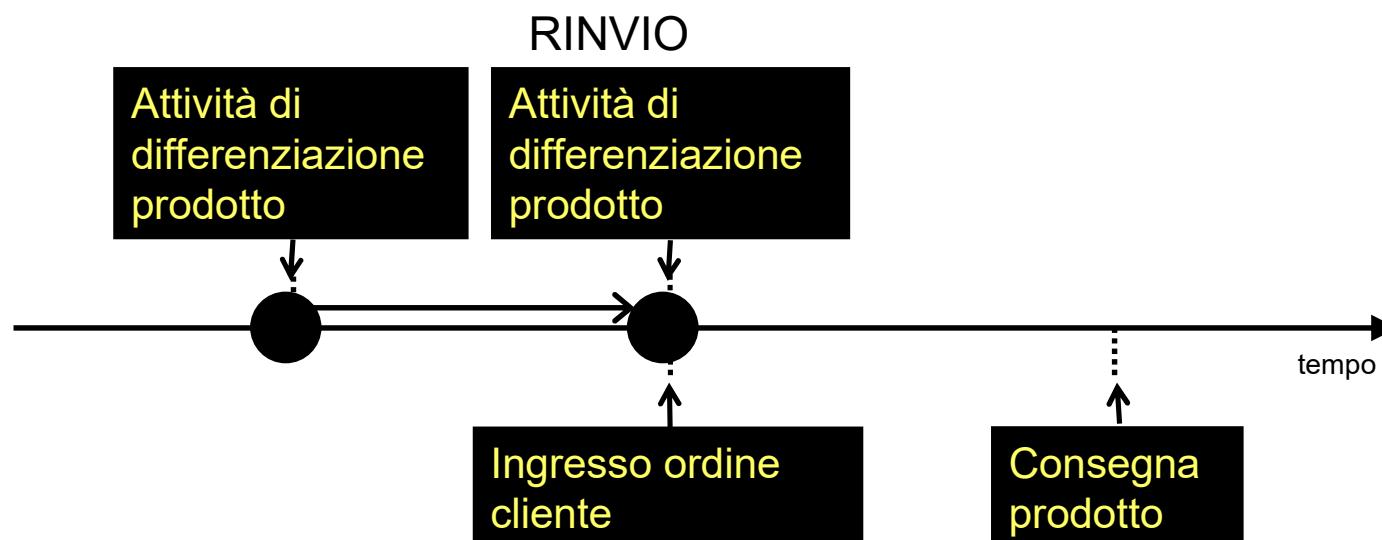
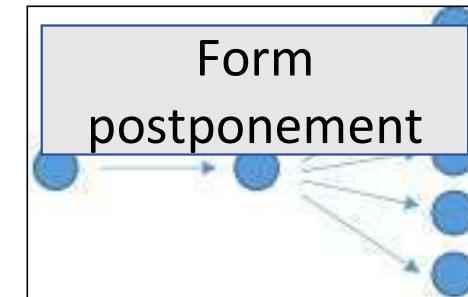
Form postponement "richiede che una o più attività che danno identità al work-in progress (creando prodotti finali specifici) - **le attività di differenziazione del prodotto** - vengano differite lungo il processo di produzione e distribuzione" (*Suzic, Forza, et al. 2018, 871, based on Forza, Salvador, and Trentin 2008, Gar and Tang 1997*). Il rinvio della forma riduce il rischio e i costi associati alla specificazione di un mix di varietà errato in un ambiente di produzione basato sulle previsioni (*Alderson 1950; Bucklin 1965; Zinn and Bowersox 1988; Whang and Lee 1998; Aviv and Federgruen 2001; Kumar and Wilson 2009*), mentre in un ambiente di produzione guidato dagli ordini, l'input del cliente sulle caratteristiche di differenziazione del prodotto è richiesto più avanti lungo il processo di evasione degli ordini (*Forza, Salvador, and Trentin 2008*).



L8

Personalizzazione del prodotto finito al più tardi

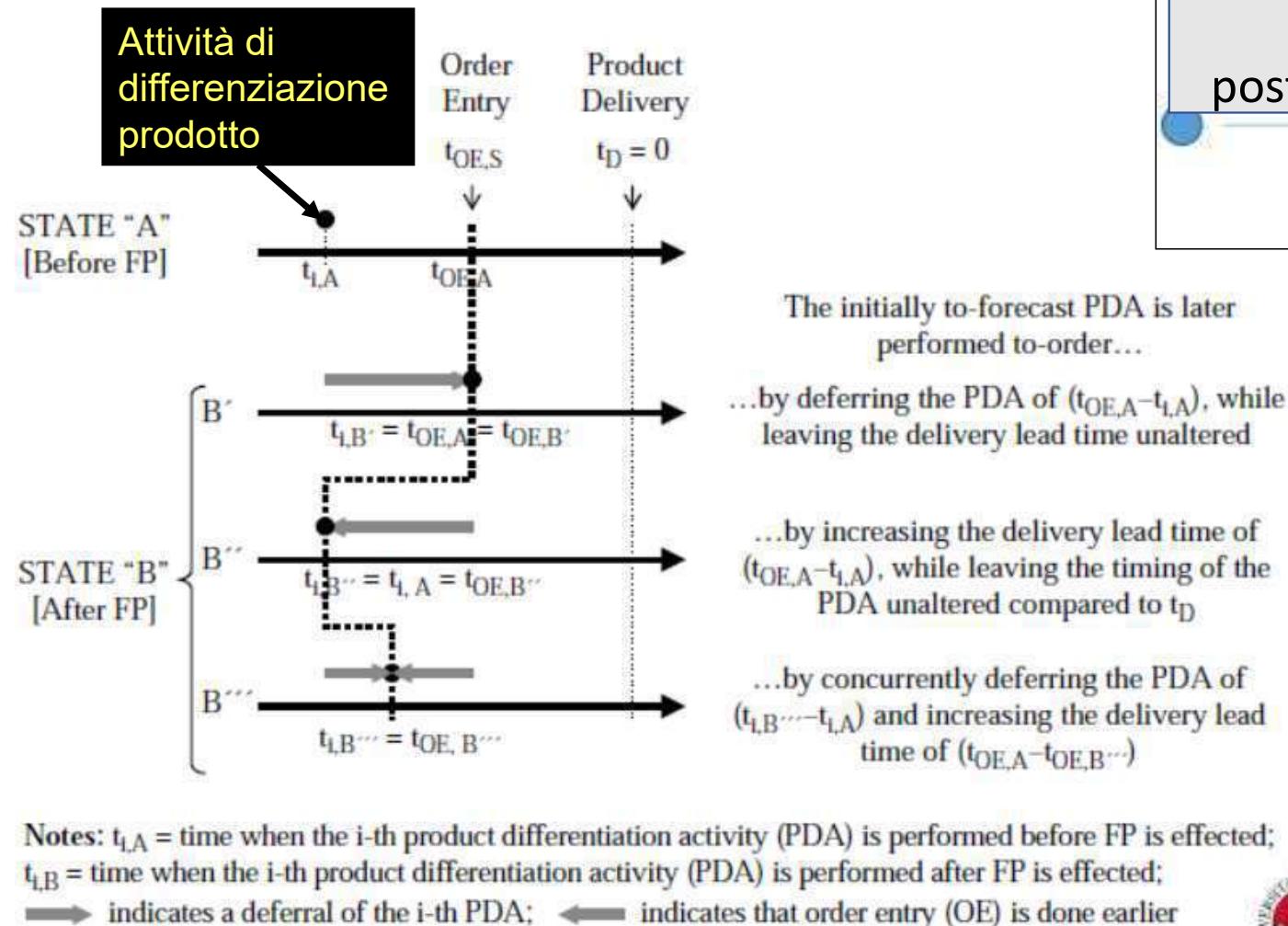
- Cambiamenti di forma ed identità avvengono al più tardi nel processo di produzione ed evasione dell'ordine. Le attività di differenziazione possono essere spostate:
 - Da "su previsione" a "su ordine"
 - Più vicine all'ordine (rimanendo "su previsione")
 - Più vicine alla consegna (rimanendo "su ordine")



Alderson, 1950, Cost and Profit Outlook; van Hoek, 2001, JOM; Forza et al., 2008, IJOPM

- Migliore bilanciamento tra velocità di risposta e capitale circolante
- Impatti su prestazioni possono variare a seconda del tipo di postponement

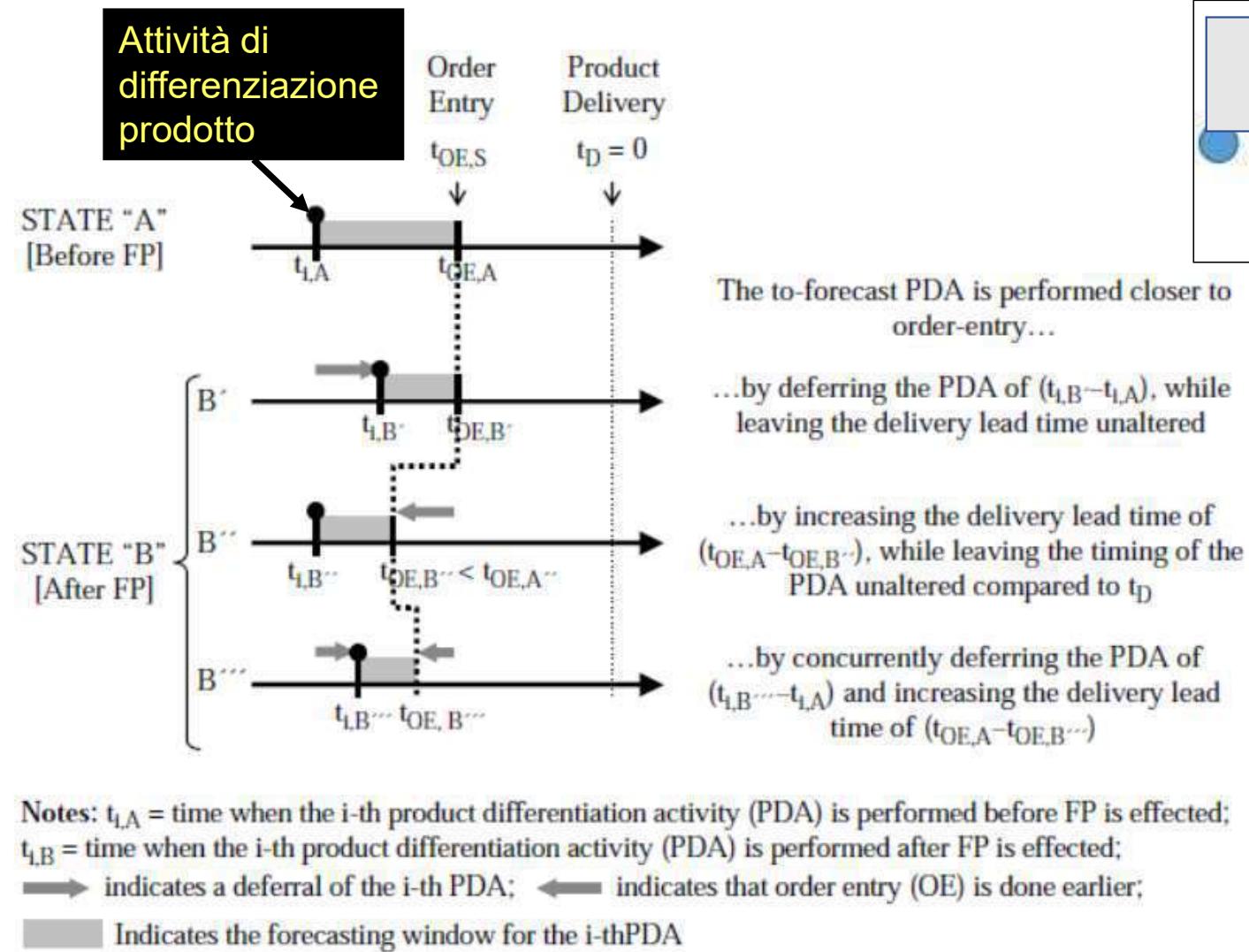
- Dal to-stock al to-order



L8

Leva 5 - Personalizzazione del prodotto finito al più tardi

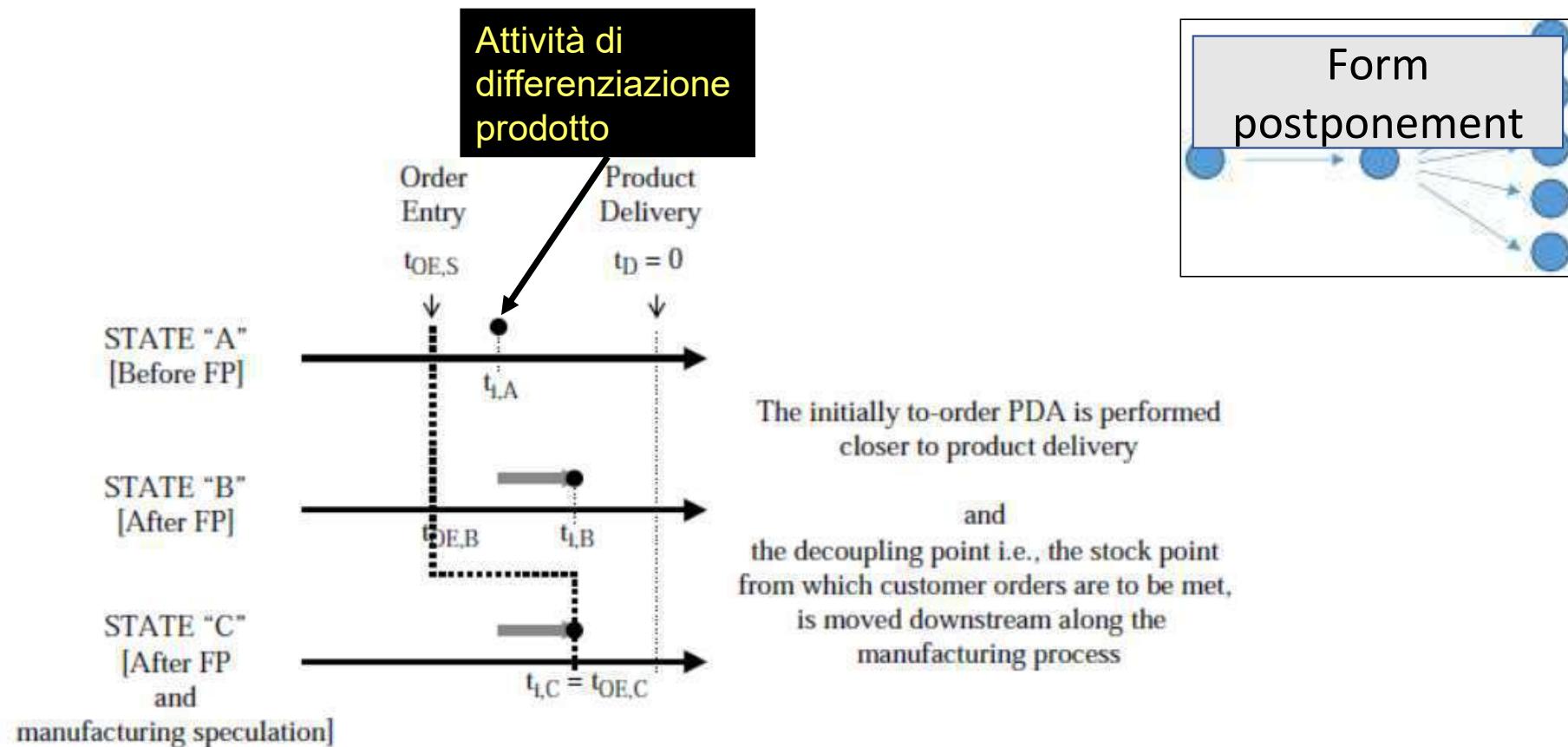
- Più vicino al ricevimento del ordine (rimane to-stock)



L8

Leva 5 - Personalizzazione del prodotto finito al più tardi

- Più vicino alla consegna dell'ordine (rimane to-order)

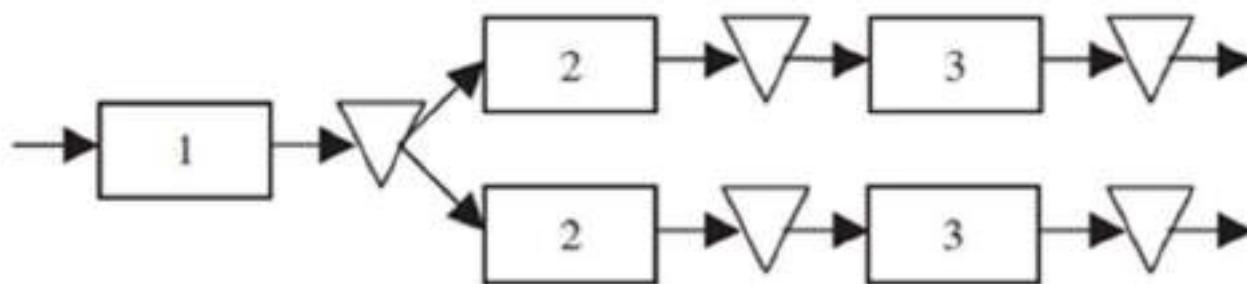


Notes: $t_{i,A}$ = time when the i -th product differentiation activity (PDA) is performed before FP is effected;
 $t_{i,B}$ = time when the i -th product differentiation activity (PDA) is performed after FP is effected;
➡ indicates a deferral of the i -th PDA

L8

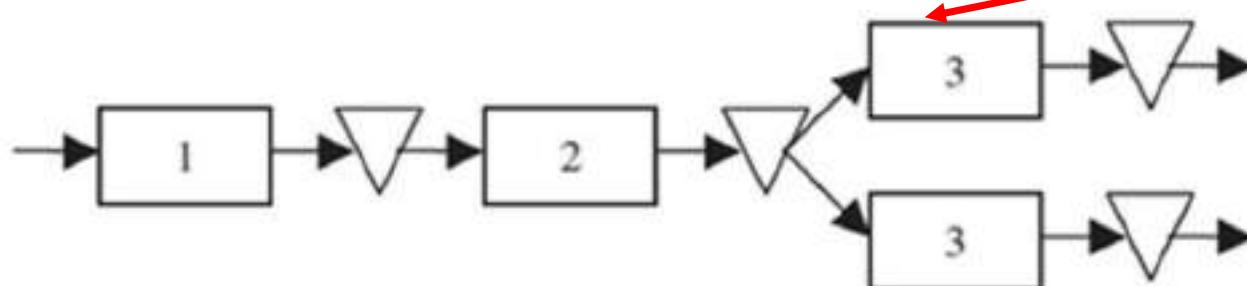
Esempio generico

Product differentiation after operation 1:



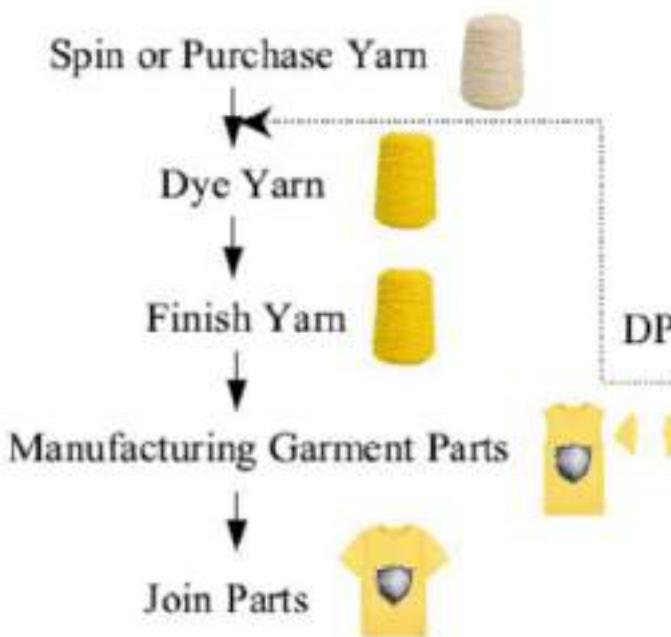
Form postponement

Product differentiation after operation 2:



La creazione dell'identità del prodotto viene posticipata/ritardata alla terza operazione

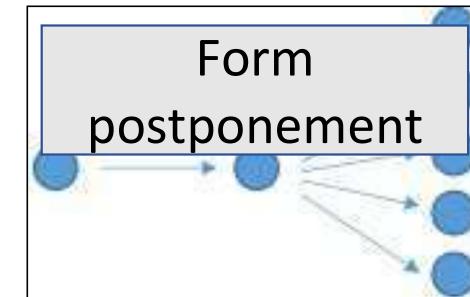
L8 Esempio



Old manufacturing process

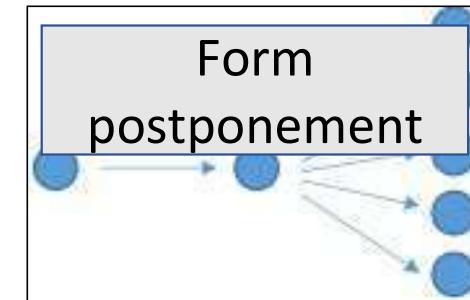
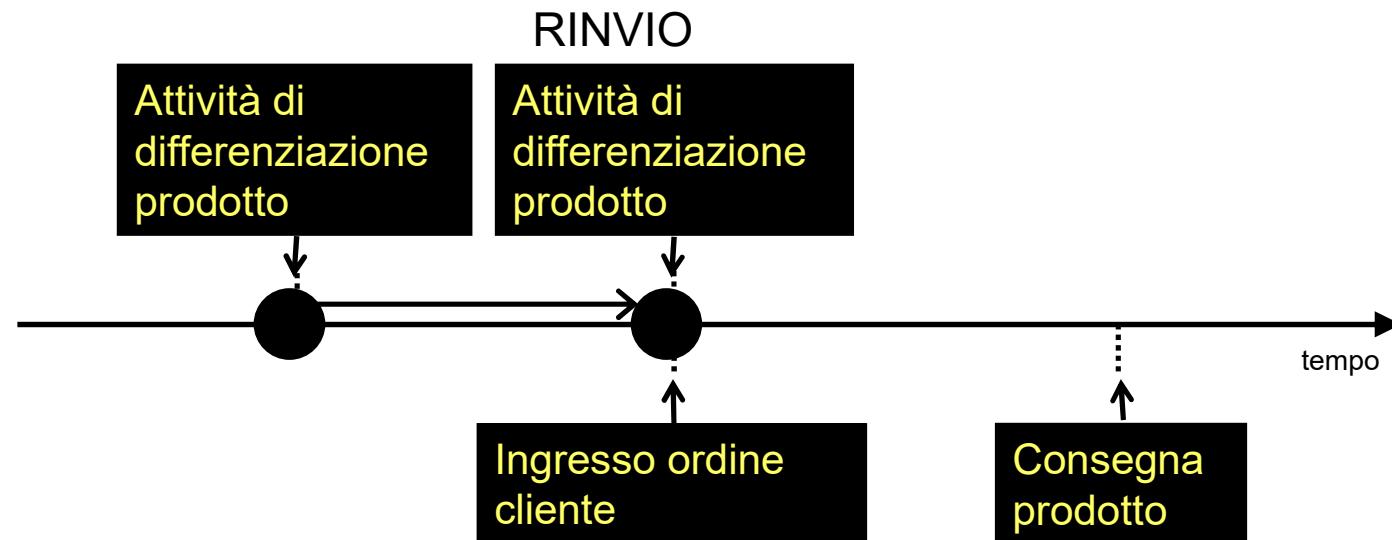
New manufacturing process

DP (punto di disaccoppiamento) e rinvio della forma - consiste nel fatto che alcune attività nella catena di fornitura non vengono realizzate fino a quando non viene ricevuto un ordine dal cliente (Caux et al., 2006)



Benetton – T-shirt production

Adapted from Yang, B., & Burns, N. (2003). Implications of postponement for the supply chain. *International journal of production research*, 41(9), 2075-2090.



Gli effetti possono essere diversi nei diversi tipi di rinvio della forma di prodotto

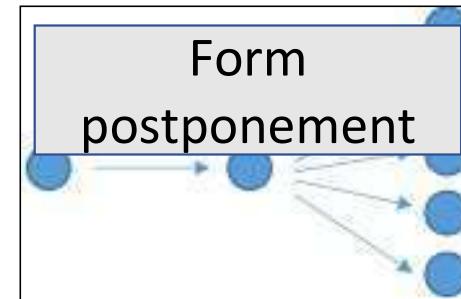
EFFETTI POSITIVI

- Miglior equilibrio tra reattività e capitale circolante (riduce il rischio e i costi associati alla specificazione di un mix di varietà errato in un ambiente di produzione basato sulle previsioni)
- Riduzione dei costi di inventario
- Riduzione dei costi logistici
- Maggiore flessibilità
- Maggiori prestazioni

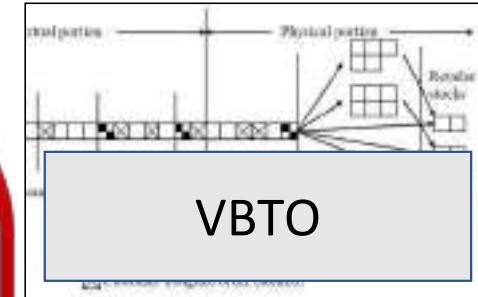
L8

Form postponement – livello maturità

Livello di maturità II V	Standardizzazione delle sequenze di produzione	Mantenere le scorte a livelli ottimali
	3	11
1	Nessuna attenzione viene prestata alla proliferazione dei cicli di produzione da parte dell'organizzazione e dei singoli ingegneri di progettazione e produzione	<p><i>Non abbiamo un sistema di pianificazione e controllo della produzione che assicuri un livello di servizio accettabile nella fase successiva (<i>produzione di parti, assemblaggio di prodotti finali o consegna del prodotto al cliente</i>) e mantenga il capitale circolante (<i>prodotti finiti, moduli, componenti, parti e materie prime</i>) a un livello accettabile</i></p>
2	(1) È facile per gli ingegneri di progettazione / produzione riutilizzare gli stessi cicli di produzione (perché il database dei cicli di produzione è ben organizzato e perché i cicli sono raggruppati in classi)	<p>Abbiamo un sistema di pianificazione e controllo della produzione che assicura un livello di servizio <i>accettabile</i> nella fase successiva (...)</p> <p>e mantiene il capitale circolante (...) a un livello <i>accettabile</i></p>
3	(1) E (2) Esistono regole e supporto SW per limitare l'introduzione di nuovi cicli di produzione	<p>Abbiamo un sistema di pianificazione e controllo della produzione che assicura un livello di servizio nella fase successiva <i>veramente buono</i> (...)</p> <p>e mantiene il capitale circolante (...) a un livello <i>molto basso</i></p>
4	(1) E (2) E (3) Realizziamo cicli di produzione che differenziano i prodotti il più tardi possibile	<p>Abbiamo un sistema di pianificazione e controllo della produzione che assicura un livello di servizio <i>ottimale</i> nella fase successiva (...)</p> <p>e mantiene il capitale circolante (...) a un livello <i>ottimale</i></p>



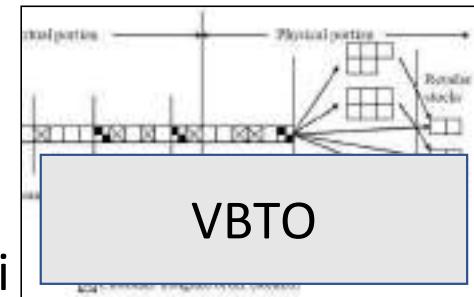
Virtual-build-to-order (VBTO) "è una forma di sistema di evasione degli ordini in cui il produttore ha la possibilità di effettuare ricerche nell'intera pipeline di scorte finite, prodotti in produzione e quelli nel piano di produzione, al fine di trovare il prodotto migliore per un cliente" (*Brabazon and MacCarthy 2004, 155*). Questo approccio riduce il compromesso tra customizzazione, tempi di consegna e capitale circolante.



L9

Perche Virtual-build-to-order?

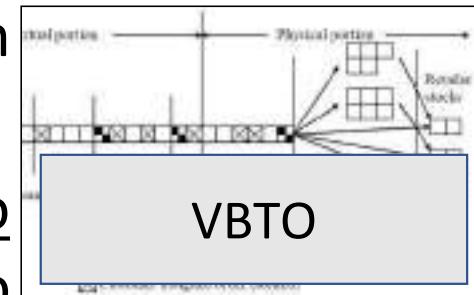
- La MC si basa su due esigenze/richieste fondamentali dei clienti:
 - Scelta del prodotto (configurazione)
 - Velocità di consegna del prodotto
- Queste due esigenze fondamentali alimentano due avversioni fondamentali dei clienti verso i prodotti personalizzati(*Brabazon & MacCarthy, 2003*):
 - avversione del cliente ad aspettare il prodotto e
 - avversione del cliente a scendere a compromessi nella configurazione del prodotto
- Spesso è difficile soddisfare queste due richieste contemporaneamente
- Molte aziende adattano il form postponement per soddisfare queste due richieste (utilizzando la modularizzazione del prodotto)



L9

Perche Virtual-build-to-order?

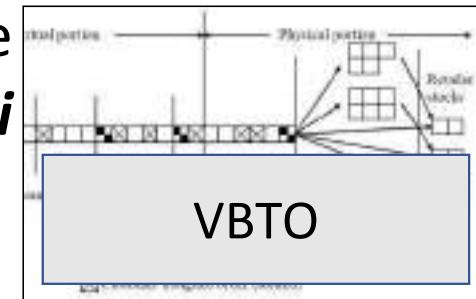
- Produttori di automobile hanno problema con form postponement (*Brabazon & MacCarthy, 2006*)
 - Alcune delle attività nella catena di fornitura devono svolgersi settimane o addirittura mesi prima del giorno (momento) di produzione
 - Inoltre, un elevato livello di scorte di prodotti semilavorati è inaccettabile per questo settore
 - Determinare il punto esatto di differenziazione del prodotto è quasi impossibile



L9

Perche Virtual-build-to-order?

- Il make-to-order (MTO) è una strategia legittima per le industrie che affrontano i problemi menzionati, ma i **tempi di consegna** sono spesso troppo lunghi per i clienti (*Elias, 2002*)
- Per aumentare la flessibilità nel soddisfare le esigenze dei clienti, le aziende hanno finora applicato due strategie (*Holweg & Pil, 2001*):
 - **Locate-to-order** - il produttore cerca le scorte di prodotti finiti in diverse località (es. venditori diversi)
 - **Amend-to-order** - ricerca della produzione pianificata e della produzione attuale al fine di trovare un prodotto per il quale è possibile modificare il processo tecnologico al fine di ottenere il prodotto ordinato

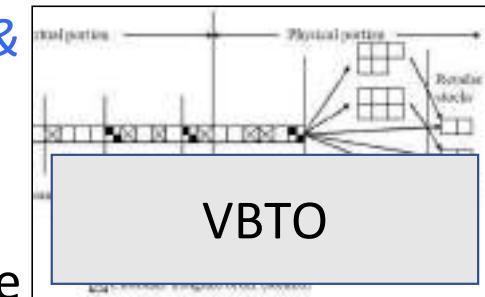
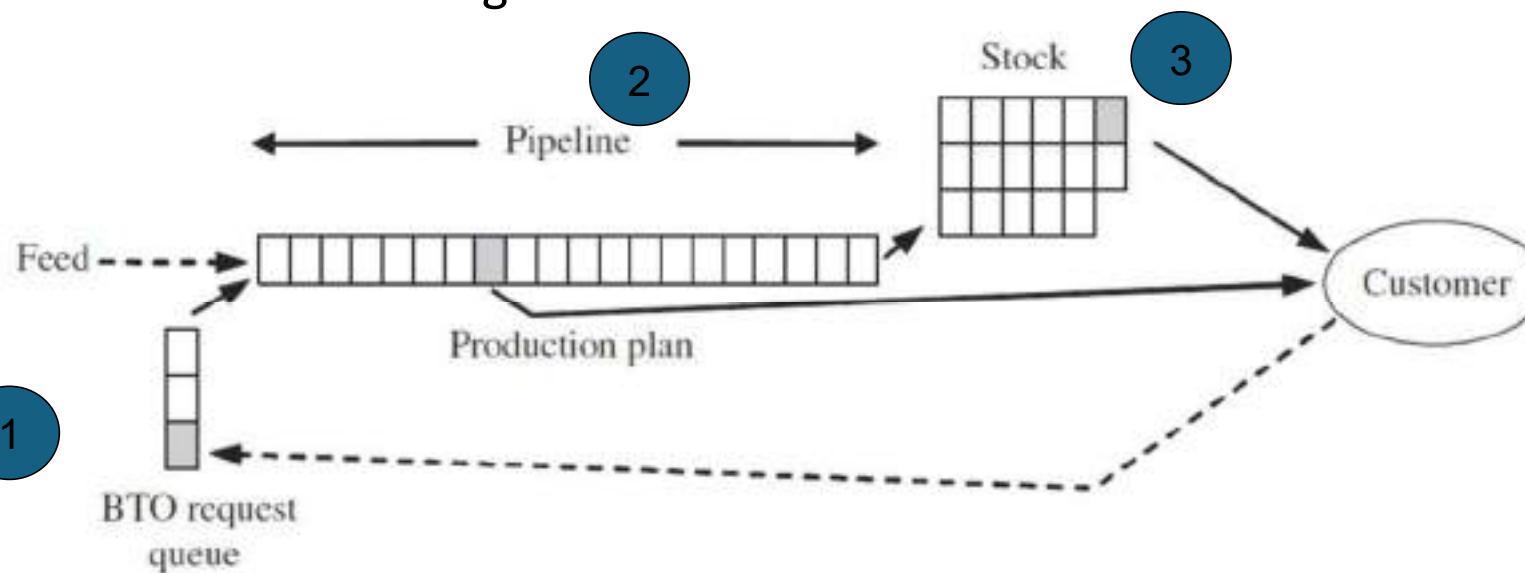


L9

Principali meccanismi di adempimento del VBTO

- VBTO ha tre principali meccanismi di adempimento (*Brabazon & MacCarthy, 2006*):

1. Build-to-order – pianificazione della produzione
2. Produzione attuale (pipeline) - che rappresenta i prodotti che saranno prodotti o che sono già in produzione
3. Scorte di prodotti finiti - che siano nel sistema produttivo o nella vendita al dettaglio

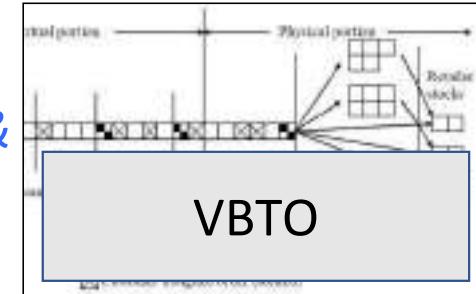


(*Brabazon & MacCarthy, 2006*)
Schema del sistema di evasione degli ordini VBTO
che mostra tre meccanismi di evasione

L9

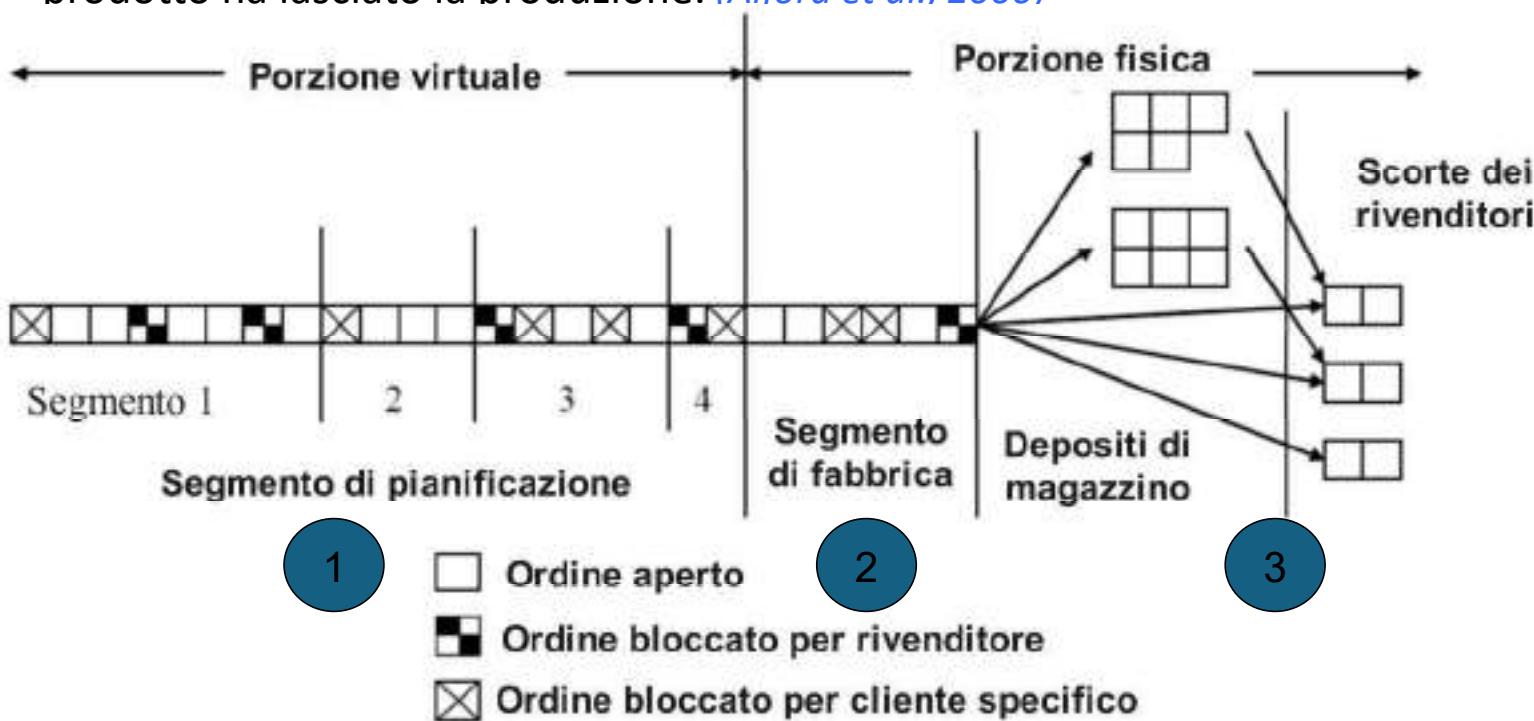
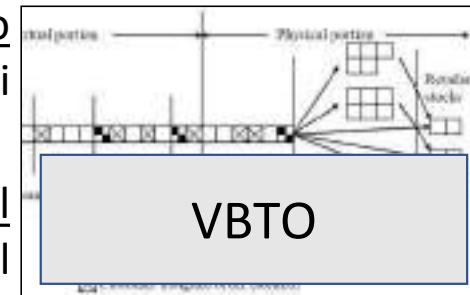
VBTO vs Form postponement

- Form postponement – punto di disaccoppiamento fisso
- VBTO – punto di disaccoppiamento mobile (*Brabazon & MacCarthy, 2004*)
 - Il prodotto può essere influenzato in qualsiasi momento, dalla pianificazione della produzione all'inventario dei prodotti finiti
- Dovrebbe esistere una soluzione software in grado di analizzare l'intero sistema di un'azienda manifatturiera, compresi i suoi magazzini (*Brabazon & MacCarthy, 2004*)



L9 VBTO e riconfigurazione del prodotto

- Un'altra caratteristica importante di VBTO è la possibilità di riconfigurare il prodotto dopo che è stato identificato nel sistema di produzione, indipendentemente da dove si trovasse in quel momento.
- La maggior parte delle riconfigurazioni del prodotto può essere eseguita prima che il prodotto lasci il sistema di produzione, ma alcune vengono eseguite dopo che il prodotto ha lasciato la produzione. ([Alford et al., 2000](#))



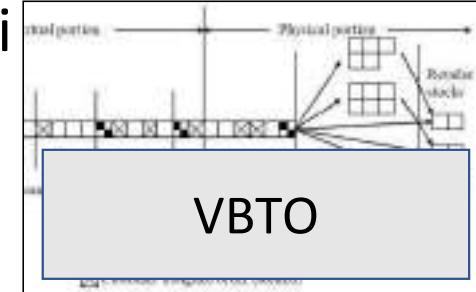
Gli ordini bloccati dai rivenditori vengono spediti direttamente alle reti di rivenditori. Gli ordini aperti vengono stoccati nel magazzino aziendale.

[Brabazon and 'acCarthy, \(2004\)](#)

L9

Virtual-build-to-order positive effects

- Riduce il compromesso tra personalizzazione, tempi di consegna e capitale circolante
- Riduce i tempi di attesa del cliente
- Riduce le scorte necessarie di prodotti finiti (*Brabazon, MacCarthy, Woodcock, & Hawkins, 2010*)
- Riduce la necessità di scorte di prodotti semilavorati(*Brabazon, MacCarthy, Woodcock, & Hawkins, 2010*)
- Consente al personale di vendita dell'azienda di negoziare con i clienti e di prendere decisioni e proposte informate per l'emanazione degli ordini



EFFETTI
POSITIVI

5

Implementazione di Mass Customization nell'industria - Modello maturità MC

- Ma come dovrebbero essere implementate nella pratica queste MC leve?
- È disponibile una raccomandazione su come implementare MC?





UNIVERSITY
OF TRENTO

Department of Industrial
Engineering

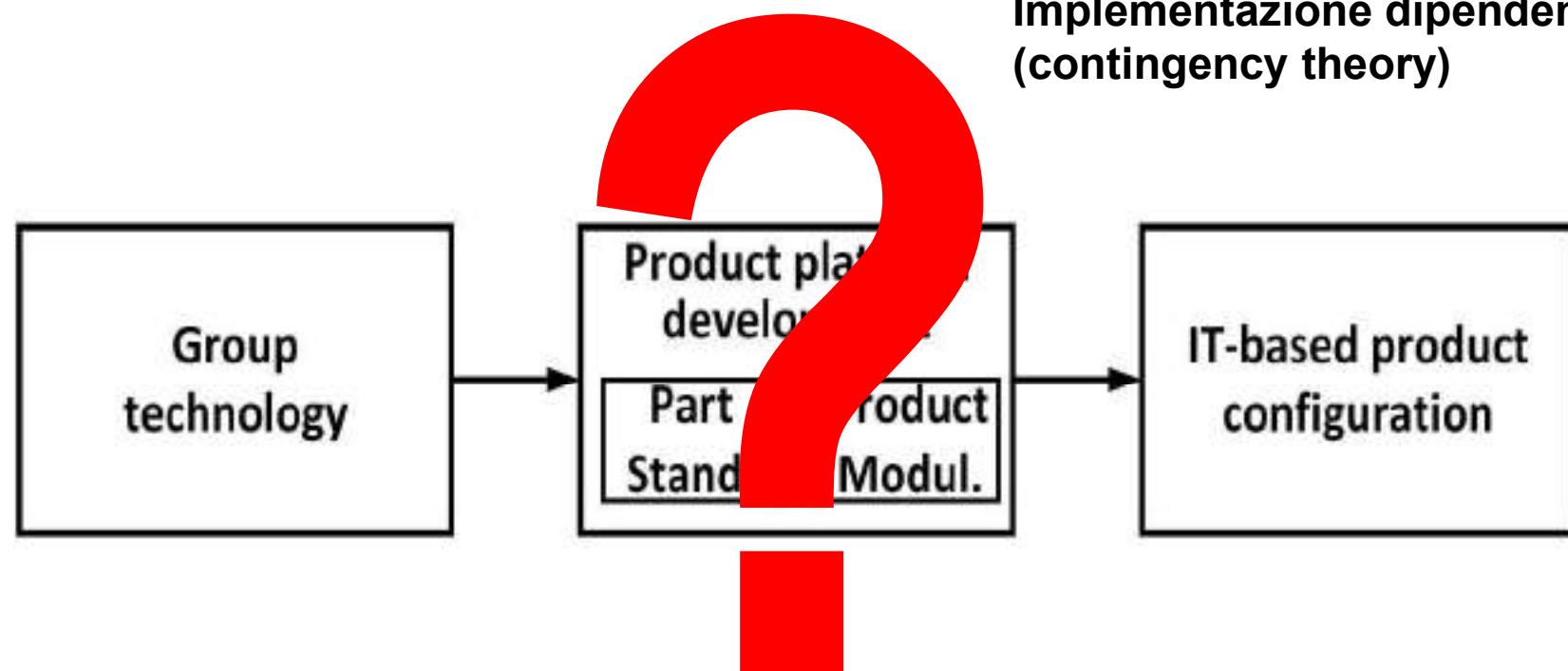
Complesse relazioni tra leve di MC

	PP	M	PC	S	GT	P	PM	CE
PP	16	B - A 1 E 12 M - P - NS -	B 6 A - E 6 M - P - NS -	B - A 1 E - M - P 1 NS -	B - A 1 E - M - P 1 NS 1	B 1 A 1 E 1 M 1 P - NS -	B - A 1 E - M - P - NS -	B - A - E - M - P - NS -
M	13	15	B 7 A - E - M - P - NS -	B - A 2 E 1 M - P 1 NS 1	B - A 2 E - M - P - NS -	B 1 A - E 1 M 1 P - NS -	B 1 A - E - M - P - NS -	B - A - E - M - P 1 NS -
PC	6	7	9	B - A 3 E - M - P - NS -	B - A 2 E 1 M - P - NS -	B - A 1 E - M - P - NS 1	B - A - E - M - P - NS -	B - A - E - M - P - NS -
S	7	4	3	8	B - A 1 E - M 1 P - NS -	B 1 A 1 E - M 1 P - NS -	B 1 A - E - M - P - NS -	B - A - E - M - P - NS -
GT	2	2	3	2	5	B 1 A - E - M - P 1 NS -	B 1 A - E - M - P - NS -	B - A - E - M - P - NS -
P	3	3	1	3	2	4	B - A 1 E - M - P - NS -	B - A - E - M - P - NS -
PM	1	1	-	1	1	1	1	B - A - E - M - P - NS -
CE	-	1	-	-	-	-	-	1

(Suzic, Forza et al., 2018)

Risultati da ricerca

Sfida alla logica sequenziale



Implementazione dipendente dal contesto
(contingency theory)

(Suzic, Forza et al., 2018)

The name of the game

- Gestione varietà prodotto
- Gestione complessità

Approccio olistico per l'implementazione della MC nelle PMI

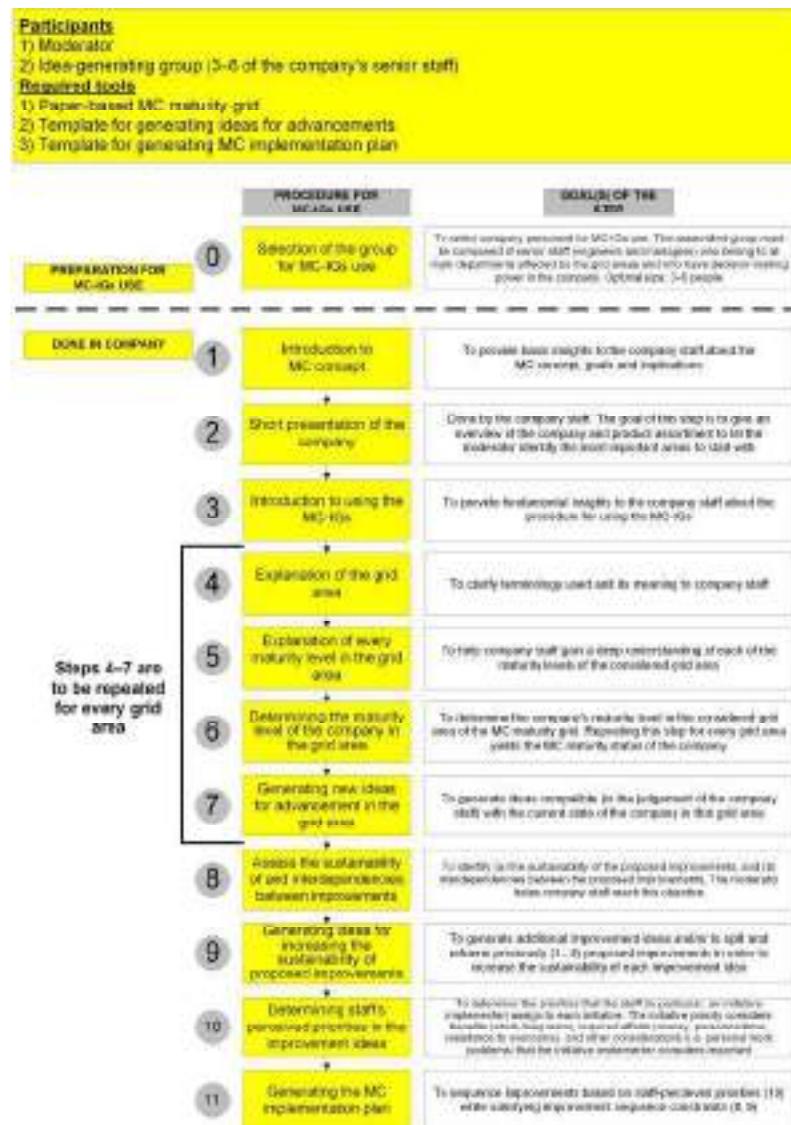
- L'obiettivo era sviluppare aree di griglia **"mutualmente esclusive e collettivamente esaustive"**
 - Le interviste con manager e consulenti hanno dimostrato che le leve di MC non potevano essere utilizzate come aree di griglia
 - Abbiamo proceduto con il perfezionamento della griglia, ottenendo 12 aree di griglia

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Section	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12
Row	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1.1.1	1.1.2	1.1.3	1.1.4	1.1.5	1.1.6	1.1.7	1.1.8	1.1.9	1.1.10	1.1.11	1.1.12
2	1.2.1	1.2.2	1.2.3	1.2.4	1.2.5	1.2.6	1.2.7	1.2.8	1.2.9	1.2.10	1.2.11	1.2.12
3	1.3.1	1.3.2	1.3.3	1.3.4	1.3.5	1.3.6	1.3.7	1.3.8	1.3.9	1.3.10	1.3.11	1.3.12
4	1.4.1	1.4.2	1.4.3	1.4.4	1.4.5	1.4.6	1.4.7	1.4.8	1.4.9	1.4.10	1.4.11	1.4.12

Griglia di maturità MC sviluppata

Approccio olistico per l'implementazione della MC nelle PMI

Procedura per l'utilizzo degli MC-IG sviluppati



Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Analisi della situazione attuale (as/is)



Dove fa male?



diagnostica



In che forma siamo?



situazione attuale



Quali passi intraprendere?



piano di attuazione

Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Metalmech Inc

- ## ➤ Famiglia di prodotti di centraline idrauliche



Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Metalmech Inc
Famiglia di prodotti di
tubi flessibili

Grid area	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Implementation status	Initial implementation of selected activities in stage 1.	Initial implementation of some activities in stage 2.	Initial implementation of some activities in stage 3.	Initial implementation of some activities in stage 4.	Initial implementation of some activities in stage 5.	Initial implementation of some activities in stage 6.	Initial implementation of some activities in stage 7.	Initial implementation of some activities in stage 8.	Initial implementation of some activities in stage 9.	Initial implementation of some activities in stage 10.	Initial implementation of some activities in stage 11.	Initial implementation of some activities in stage 12.	Initial implementation of some activities in stage 13.	Initial implementation of some activities in stage 14.	Initial implementation of some activities in stage 15.
Implementation level	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SKIPPED															

- Maturity level of company in the given grid area
- Company is currently in between the maturity levels in the given grid area
- ↓ Company is in transition from one maturity level to another in the given grid area
- SKIPPED Grid area skipped because workshop participants considered this area irrelevant to their company

Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Metalmech Inc

➤ Famiglia di prodotti per
linee di assemblaggio

006	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
006-001	Dimensionamento della struttura produttiva	Progettazione dei processi di produzione e delle strutture produttive	Dimensionamento delle strutture produttive	Progettazione dei processi di produzione	Progettazione delle strutture produttive								
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
17	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
19	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
20	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
22	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
23	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
25	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
26	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
27	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
29	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
30	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
32	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
33	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
36	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
37	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
38	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
39	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
40	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
41	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
42	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
43	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
44	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
45	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
46	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
47	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
48	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
49	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
50	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
51	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
52	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
53	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
54	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
55	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
56	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
57	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
58	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
59	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
61	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
62	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
63	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
64	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
65	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
66	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
67	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
68	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
69	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
70	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
71	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
72	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
73	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
74	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
75	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
76	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
77	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
78	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
79	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
80	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
81	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
82	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
83	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
84	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
85	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
86	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
87	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
88	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
89	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
90	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
91	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
92	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
93	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
94	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
95	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
96	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
97	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
98	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
99	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
100	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
101	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
102	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
103	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
104	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
105	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
106	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
107	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
108	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
109	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
110	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
111	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
112	1	2	3	4	5								

Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Soft Automation Inc

Maturity level of company in the given grid area

- Company is currently in between the maturity levels in the given grid area

Company is in transition from one maturity level to another in the given grid area

SKIPPED Grid area skipped because workshop participants considered this area irrelevant to their company.



UNIVERSITY
OF TRENTO
Department of Industrial
Engineering

Implementazione dell'approccio olistico nelle PMI

Piani di implementazione generati

Metalmech Inc

Soft Automation Inc

Realiz. order	Idea	Priority	Impact	Effort	Interdependence
1	Planning supplier by using realistic delivery times and not the required supply lead-times (grid area 11)	VH	H	ML	No
2	A combined idea (ideas 1 and 2): <ul style="list-style-type: none"> Analyze the historical use of parts (idea 1) Create a system that will offer a main option and alternative options for some parts in the design process (idea 2) (grid areas 1 and 2)	M	H	H	4 Product Modularization
3	Define a commercial dialogue to guide the choices for sizing of the hydraulic power units (grid area 10)	M	H	M	Some, with Standardization (grid areas 1 and 2)
4	Study modularization for the hydraulic power units family of products (grid area 4)	ML	H	H	10 Sales configurator (commercial dialogue) and 1 and 2 Standardization (partially)
5	Define different throughput times for different product types (grid area 3)	L	ML	L	No

Realiz. order	Idea	Priority	Impact	Effort	Interdependence
-	Formalize the product families; classify and study the product trends; and analyze the market opportunities for the current products (grid area 6)	N/S	L – in the short term H – in the long term	L	Positive effect on grid area 10 Sales configurator
-	Determine the activities that compose products/services and list them (grid area 10)	N/S	M – in the short term	L – for energy plants H – for the whole product assortment	Positive interactions with 6 Product space organized in clearly distinguished product families
-	Modularize the high-level software and manufacturing execution systems (MES) (grid area 4)	N/S	H – when implemented	M	Positive interactions with 10 Sales configurator

Legend: L – Low; ML – Medium-Low; M – Medium; H – High; VH – Very High

Legend: L – Low; M – Medium; H – High; VH – Very High; N/S – Not specified

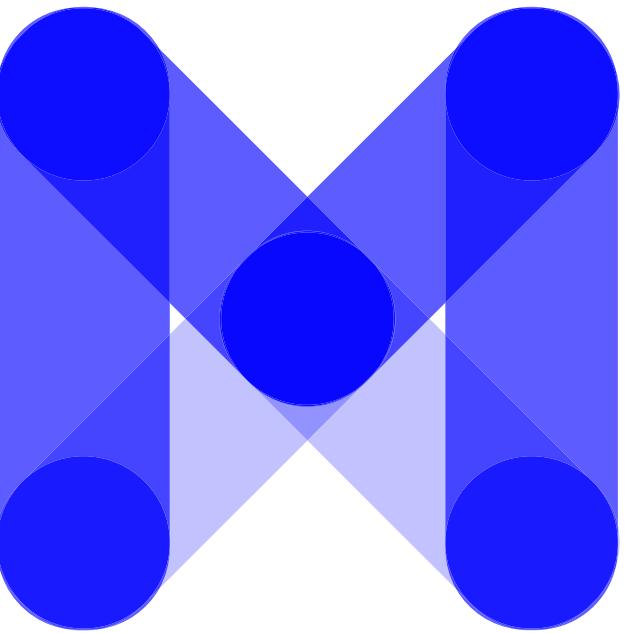
Mass customization/Product variety management

Grazie per la vostra attenzione!

Nikola Suzic

nikola.suzic@unitn.it





EMBA

***EXECUTIVE MASTER OF
BUSINESS ADMINISTRATION***



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**



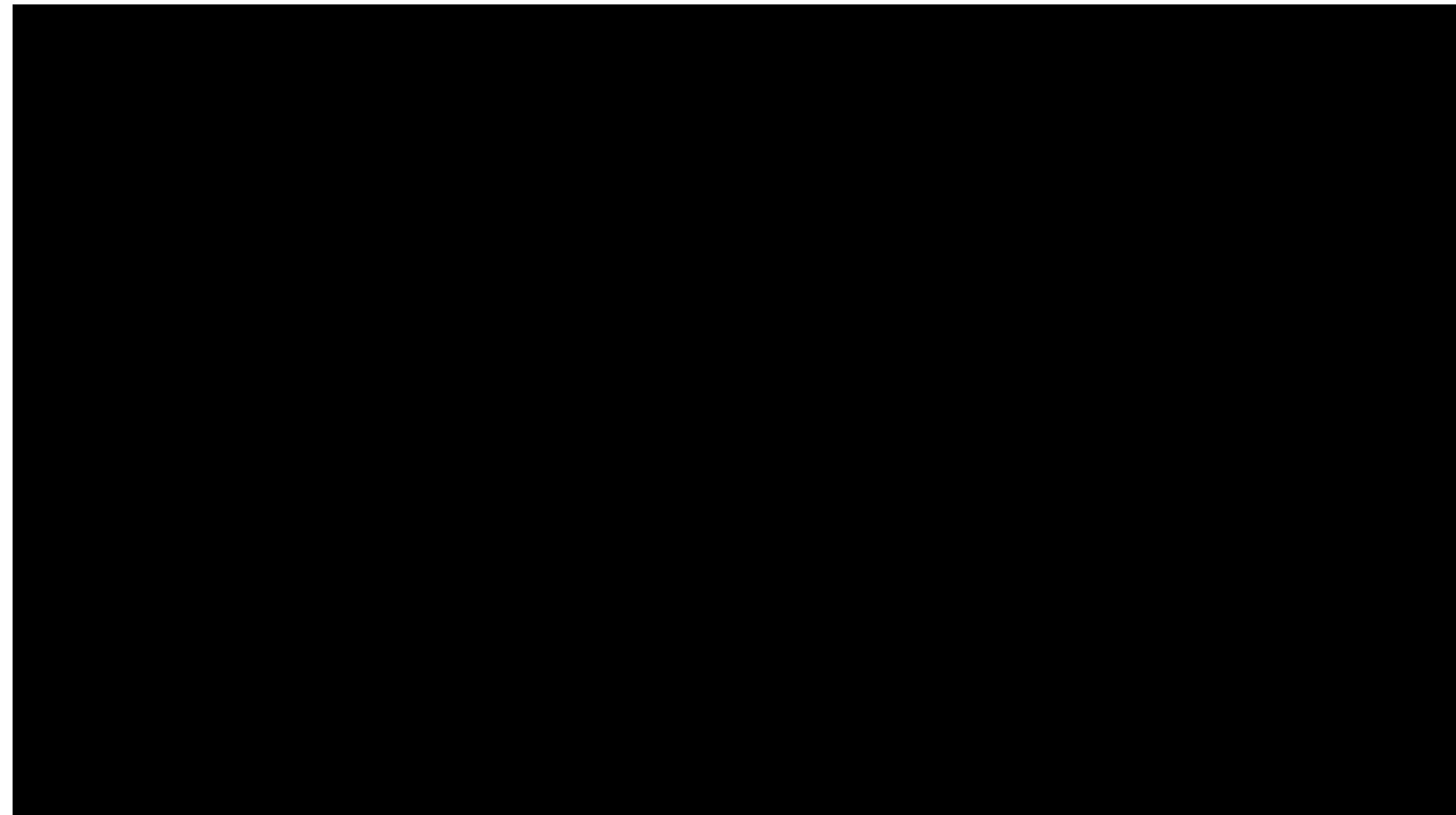
Digital transformation in manufacturing

Executive Master of Business Administration – Trento
ANNO ACCADEMICO 2024/2025

DOCENTE: Giovanna Culot, Ph.D., MBA - *giovanna.culot@uniud.it*

4 Luglio 2025

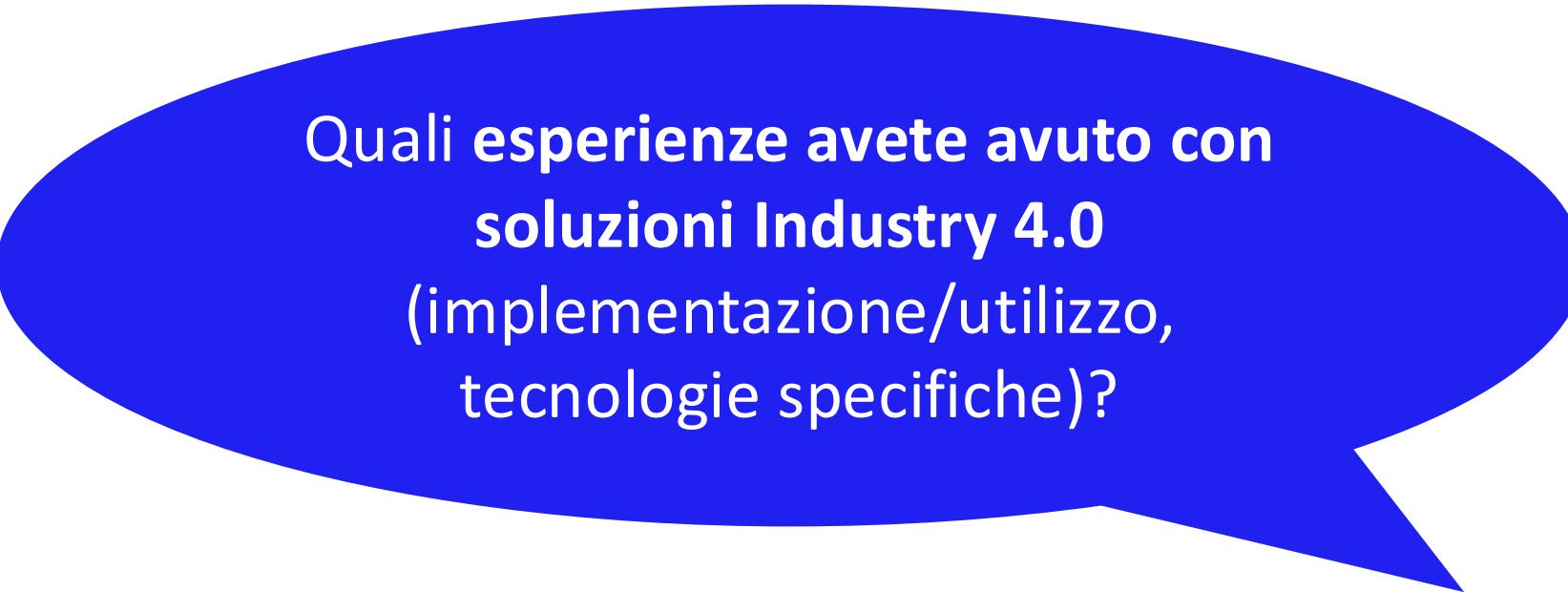
Entriamo subito in uno stabilimento 4.0



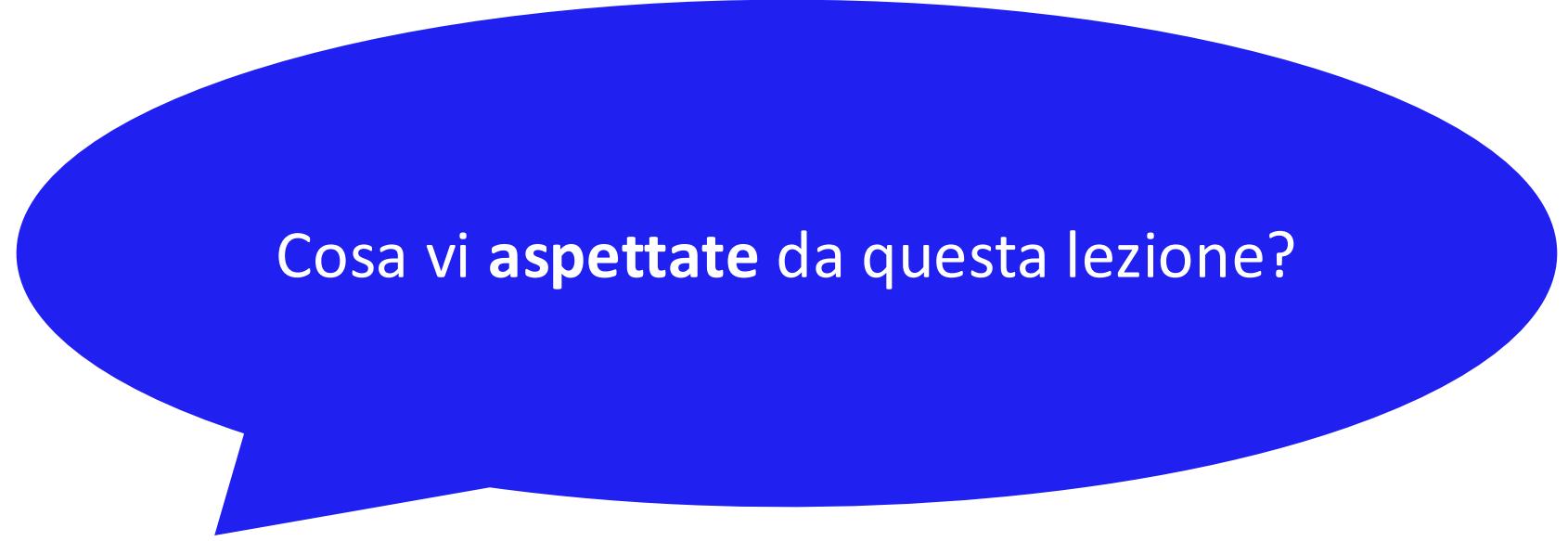
Quali tecnologie?

Quali implicazioni organizzative?

Qualche domanda per voi

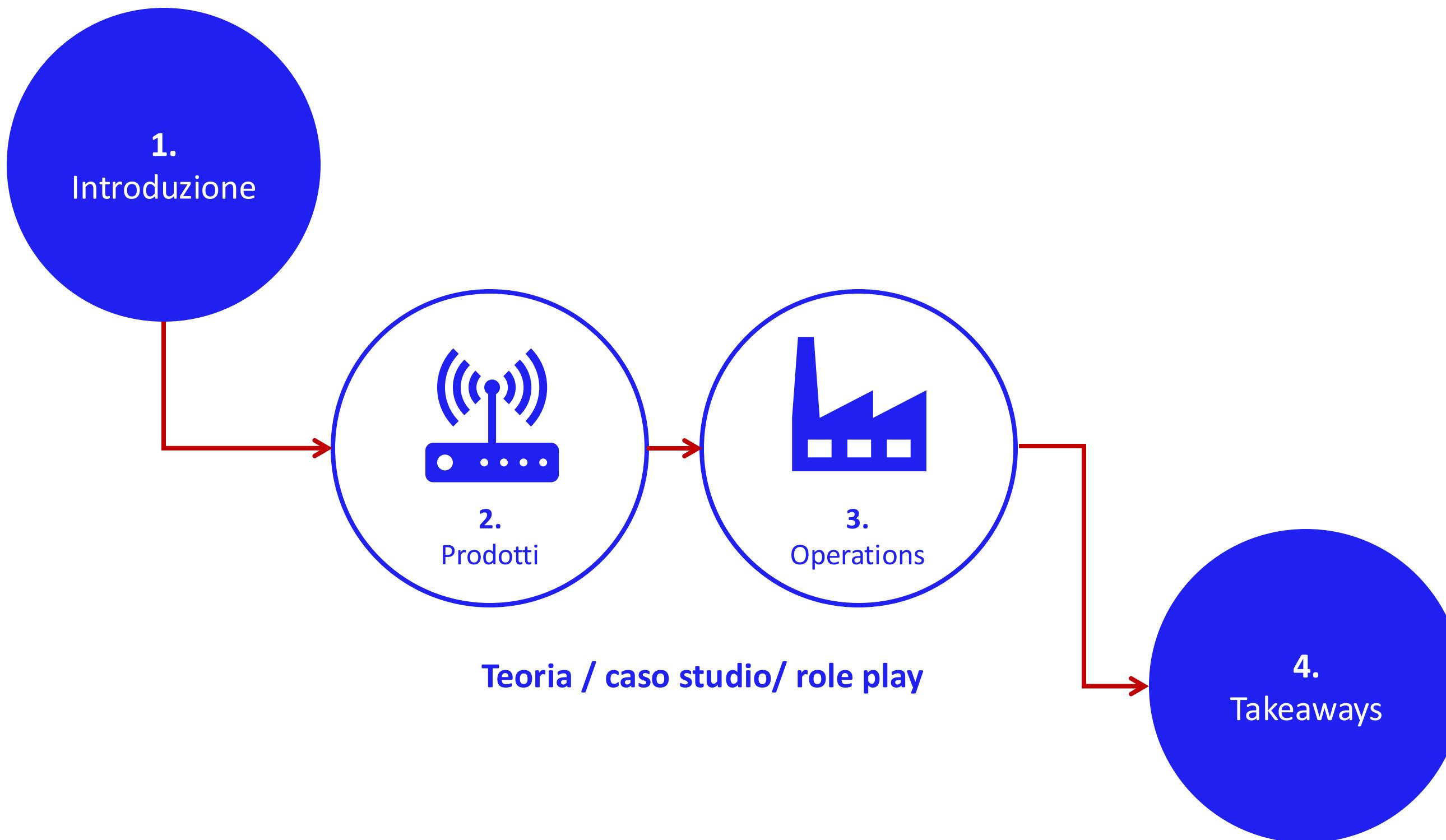


Quali esperienze avete avuto con
soluzioni Industry 4.0
(implementazione/utilizzo,
tecnologie specifiche)?

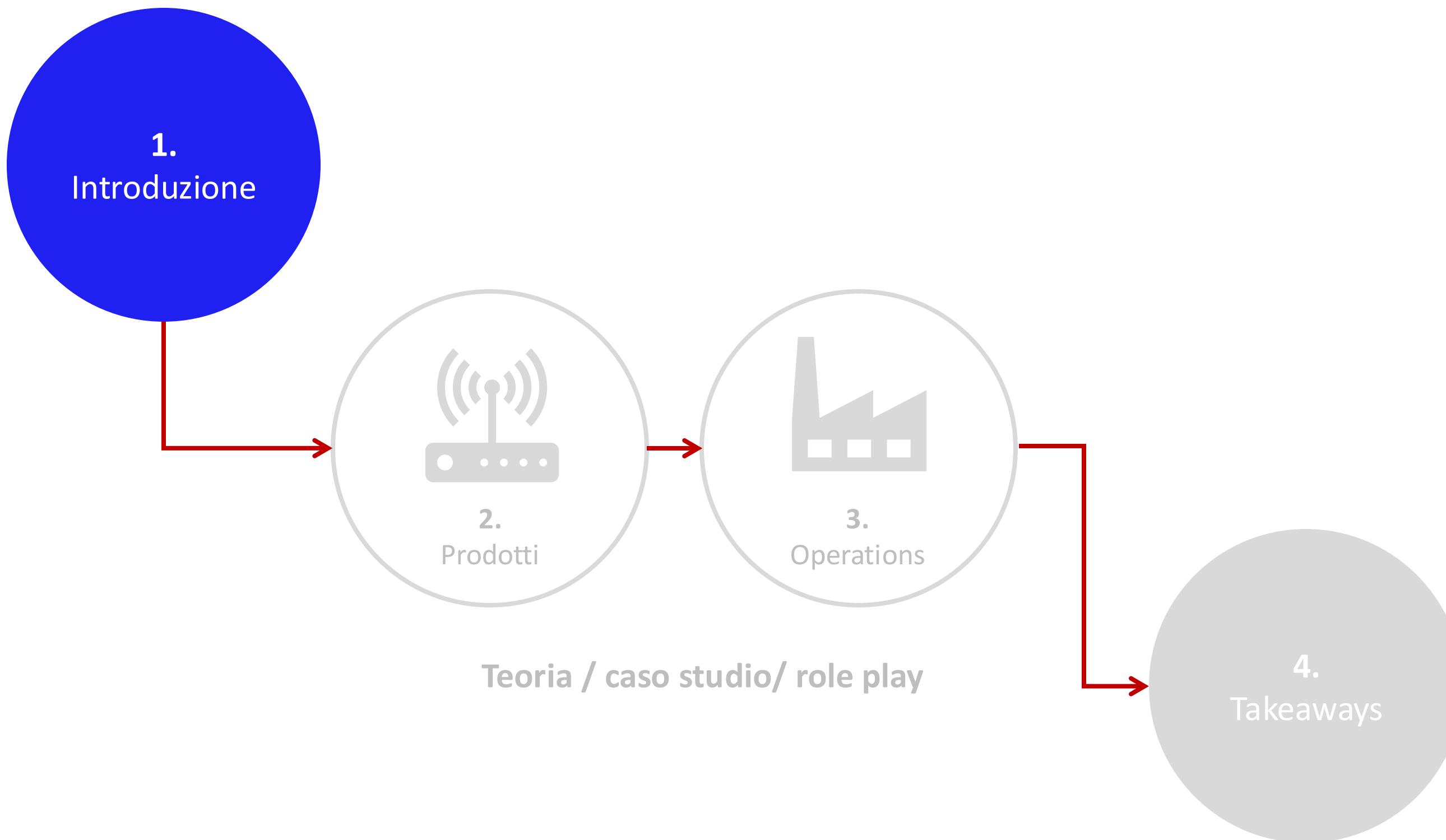


Cosa vi aspettate da questa lezione?

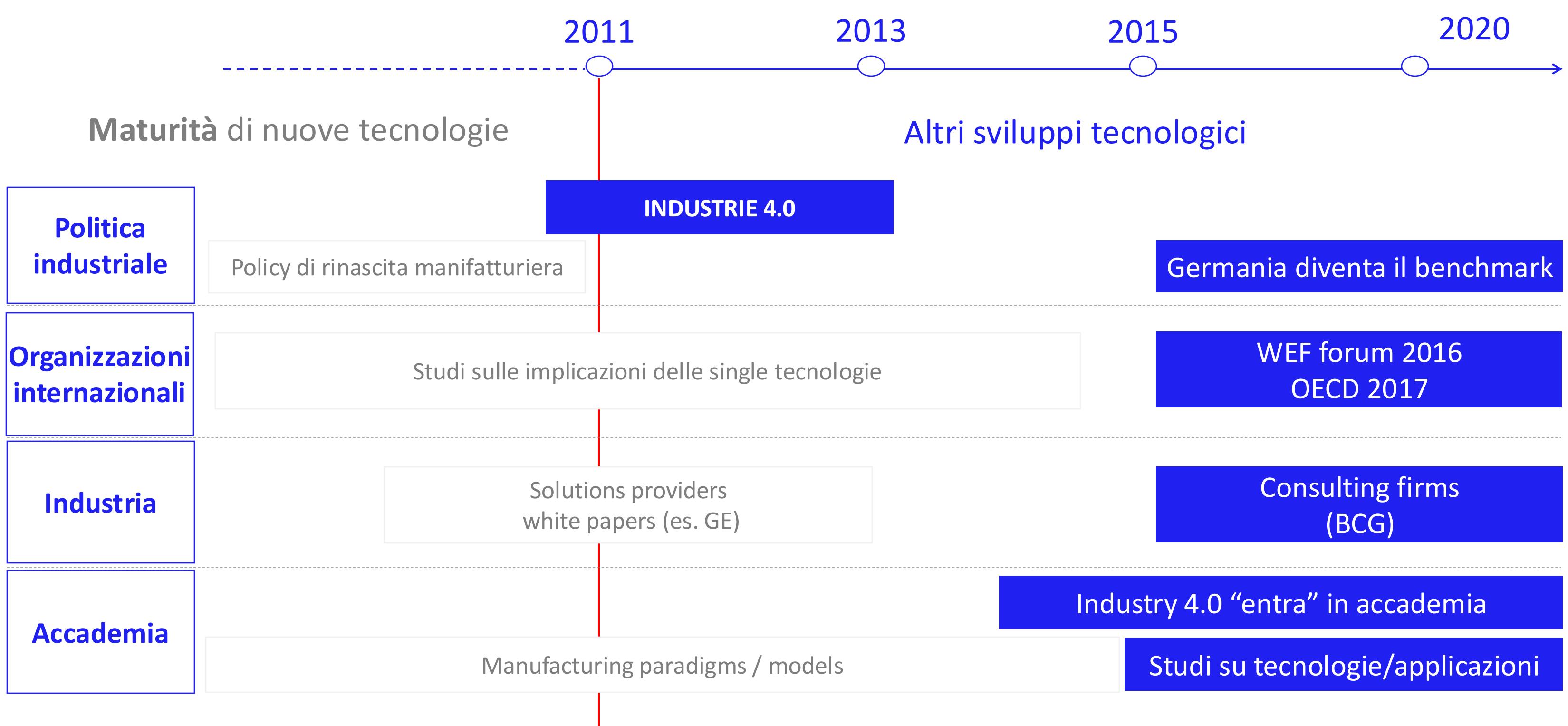
Agenda di oggi



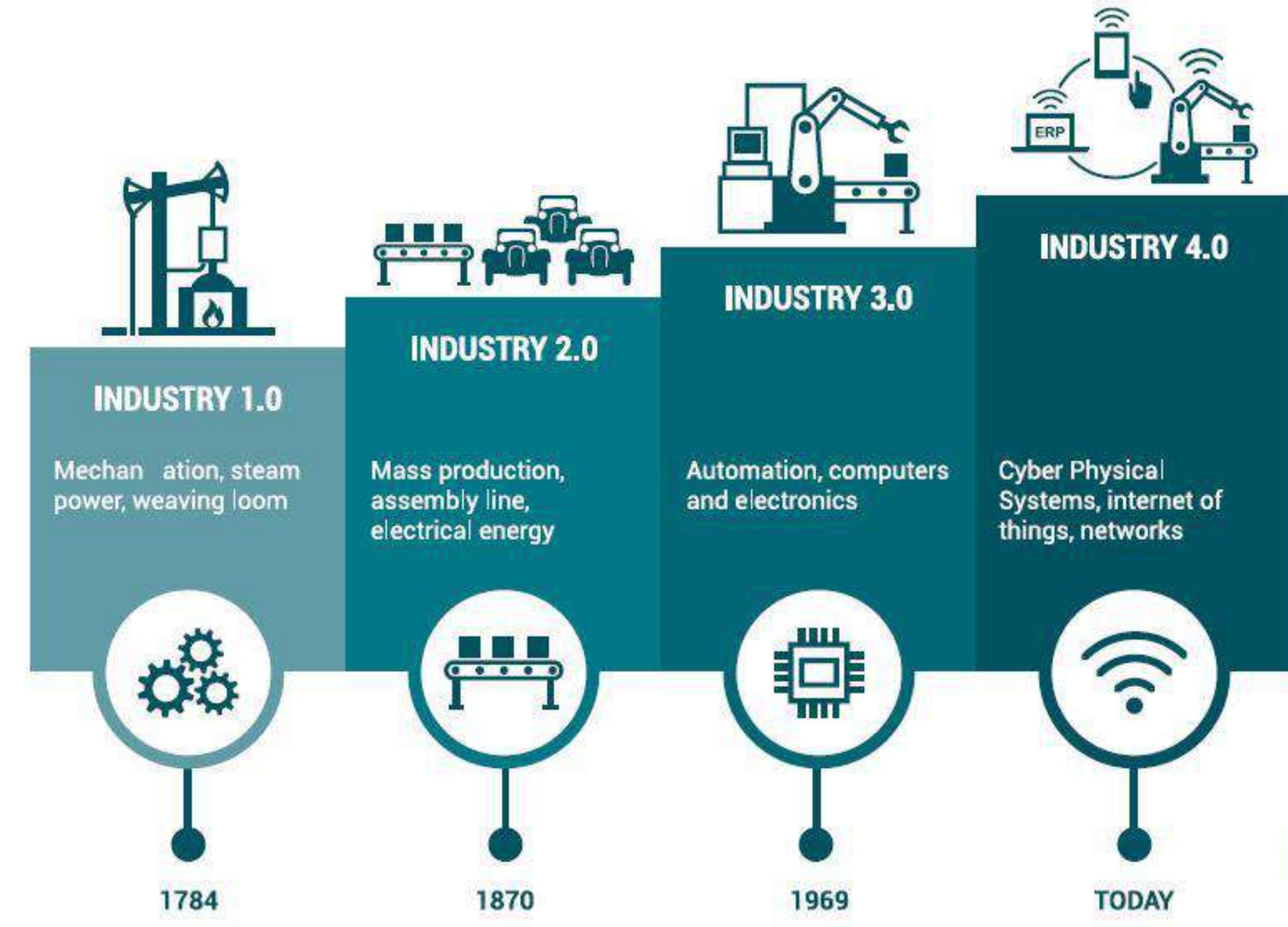
Agenda di oggi



Facciamo chiarezza sul vocabolario



Cosa si intende?



Un reminder: la policy tedesca



- Rendere la Germania il Paese leader nello sviluppo/fornitura di soluzioni 4.0
- Favorire l'adozione di tecnologie da parte delle aziende manifatturiere tedesche

Altri concetti: *Industry 4.0*, *digital transformation*, *Industry 5.0*, *twin transition*

Digital transformation

- Adozione di tecnologie digitali a 360° (**non limitato** al contesto manifatturiero)
- Evidenza degli elementi di **trasformazione organizzativa** della tecnologia

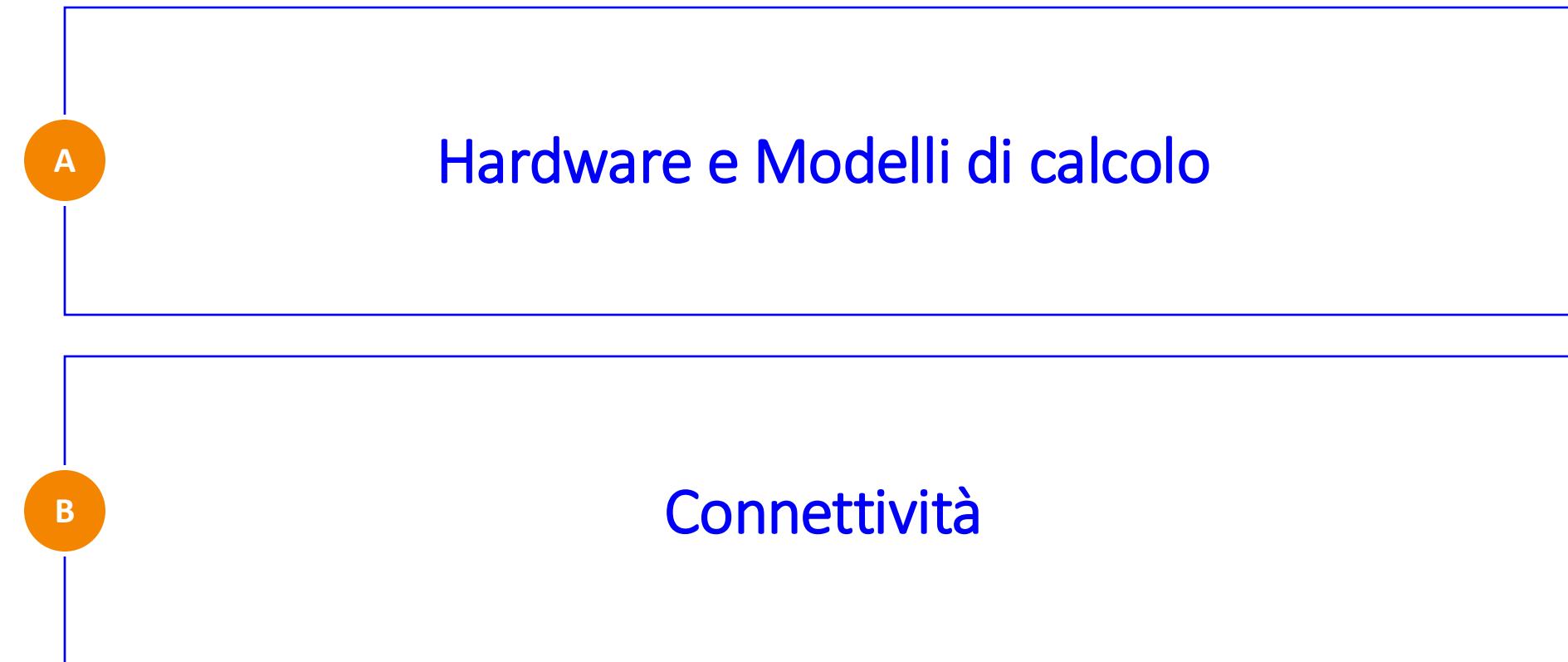
Industry 5.0

- Iniziativa lanciata dalla Commissione Europea tra il 2020 e il 2023
- Stesse tecnologie, ma focus su **human-centricity, sostenibilità, e resilienza**

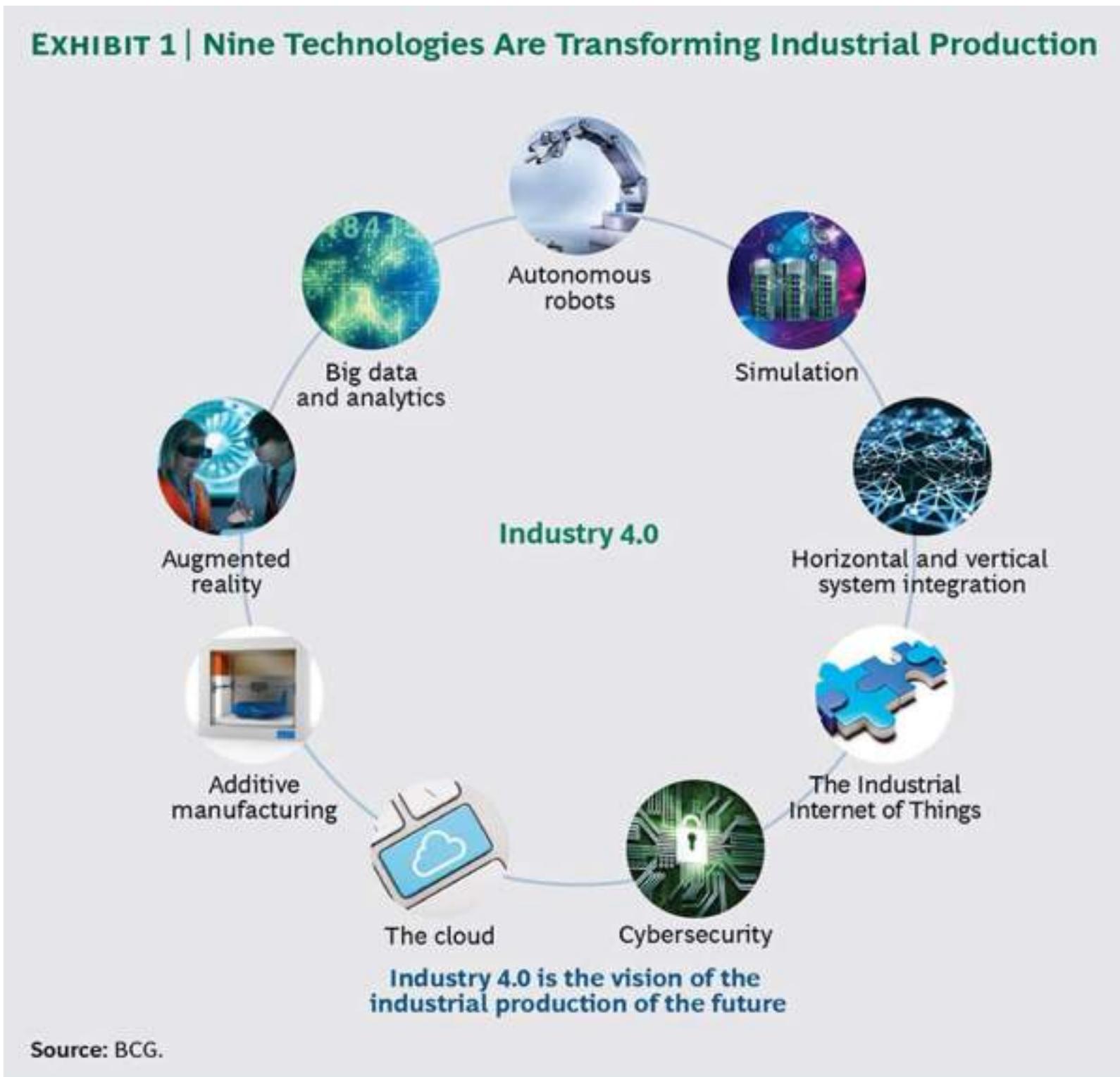
Twin transition

- Concetto parte dell'agenda strategica della Commissione Europea, ripreso da PNRR
- Doppia transizione: **tecnologico/digitale e ambientale**

Ma quali tecnologie?



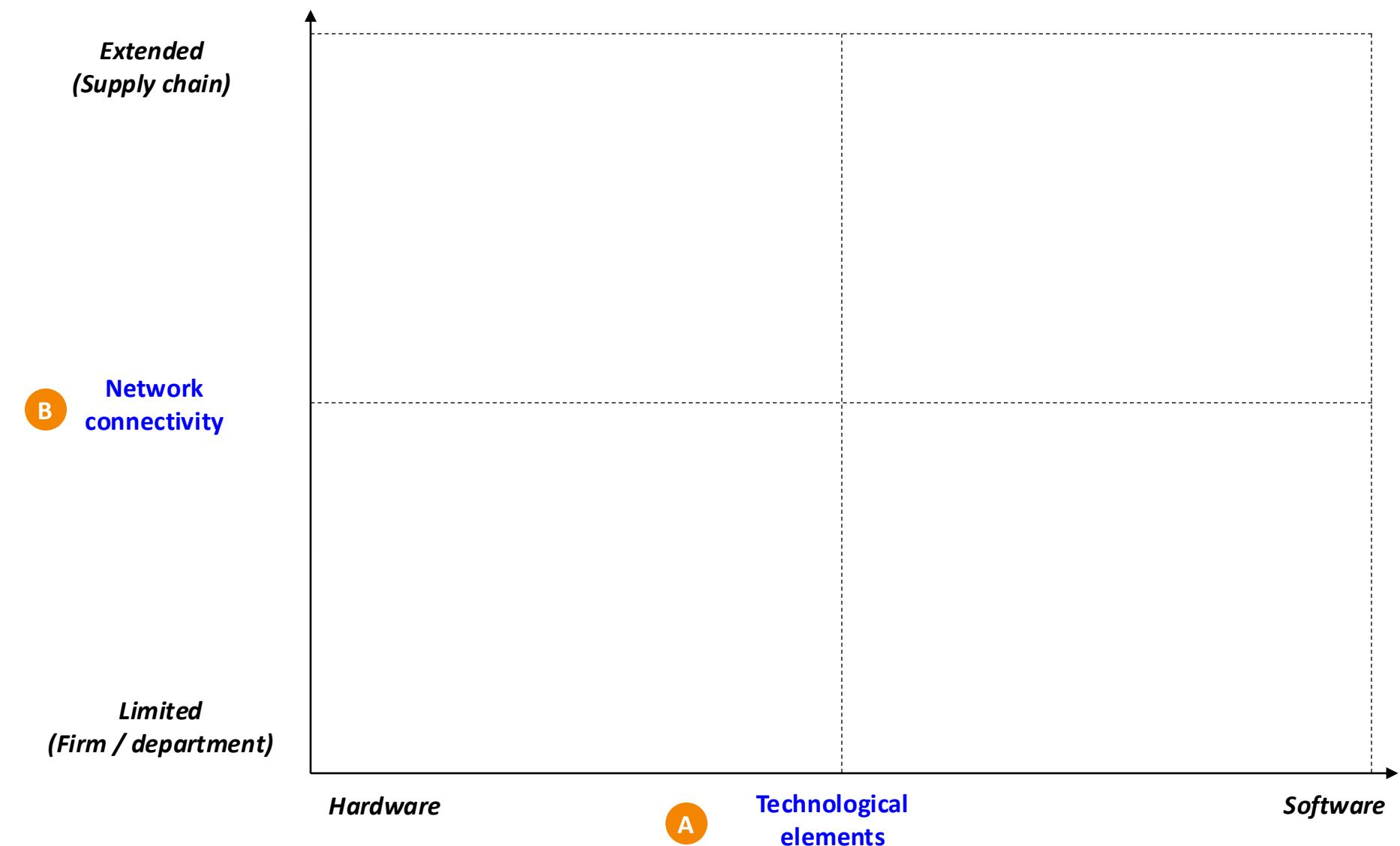
Ma quali tecnologie?



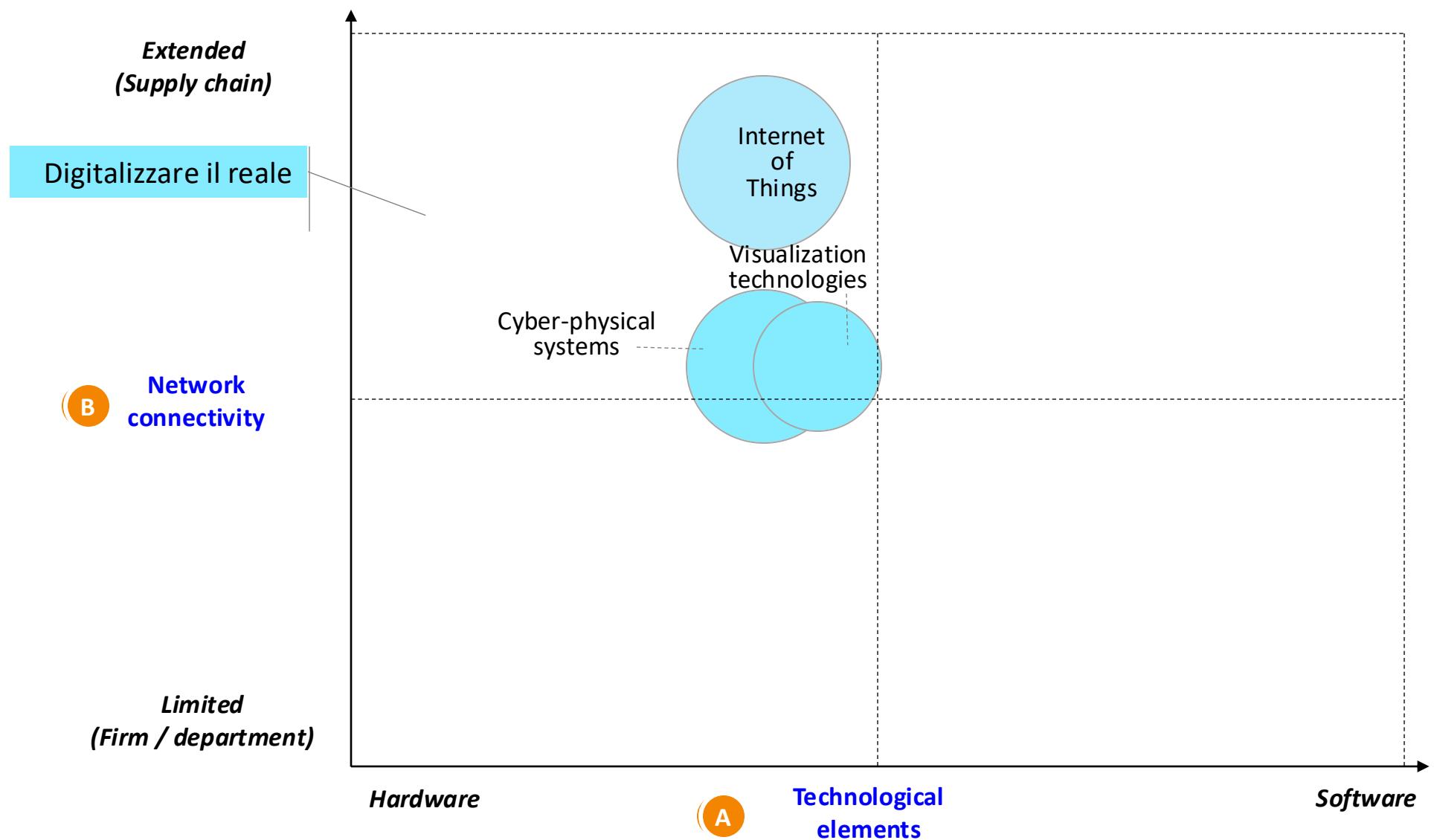
A **Hardware e Modelli di calcolo**

B **Connettività**

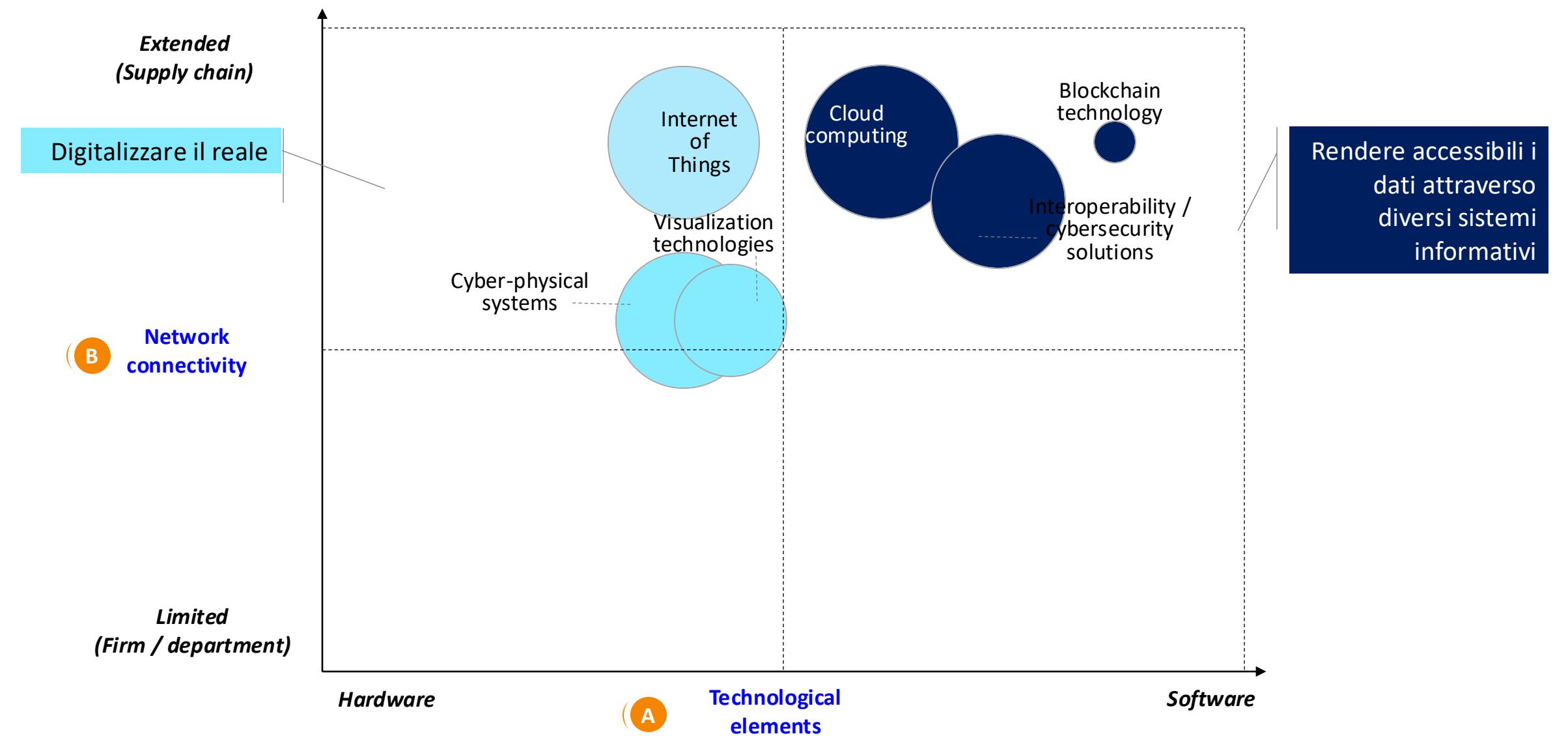
Tecnologie abilitanti



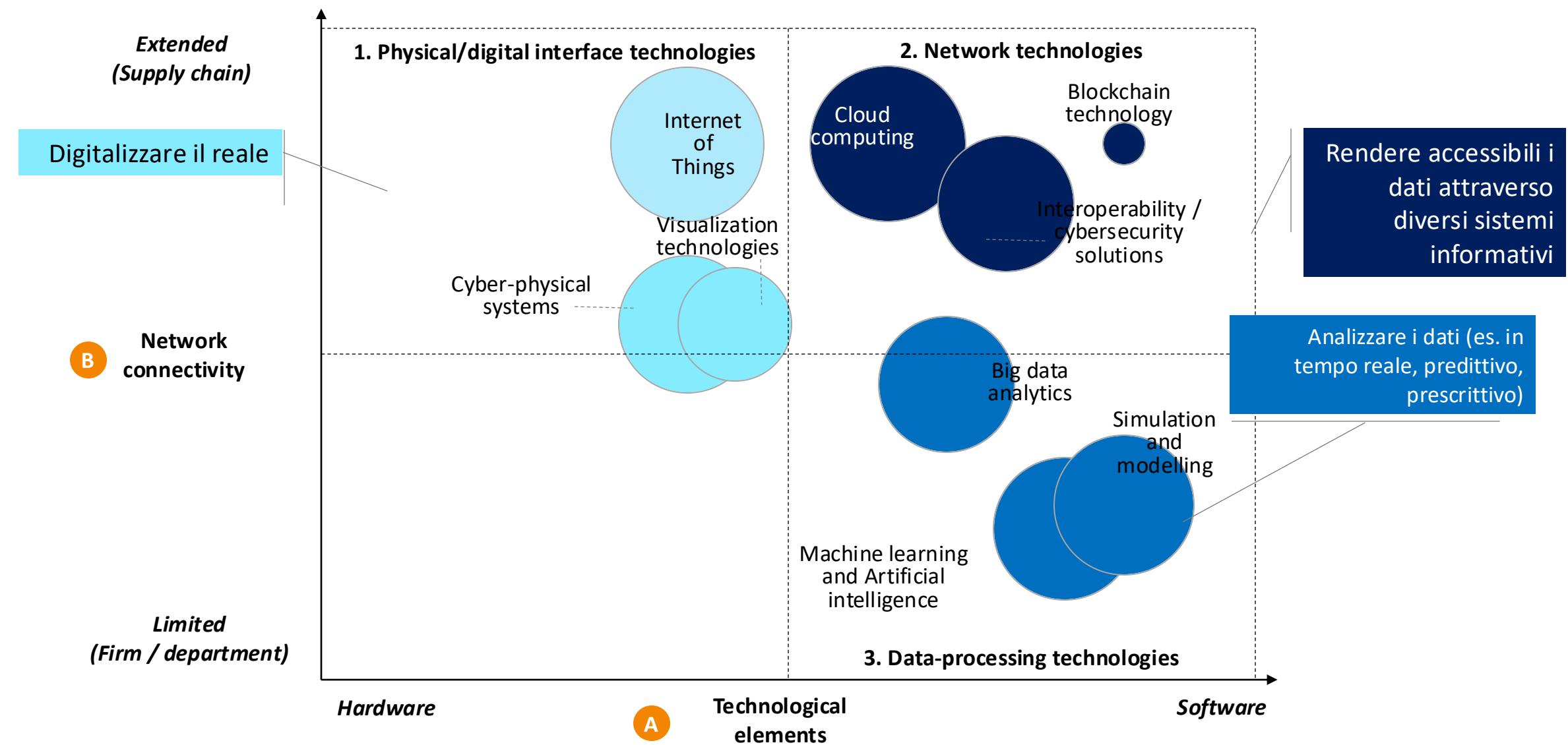
Tecnologie abilitanti



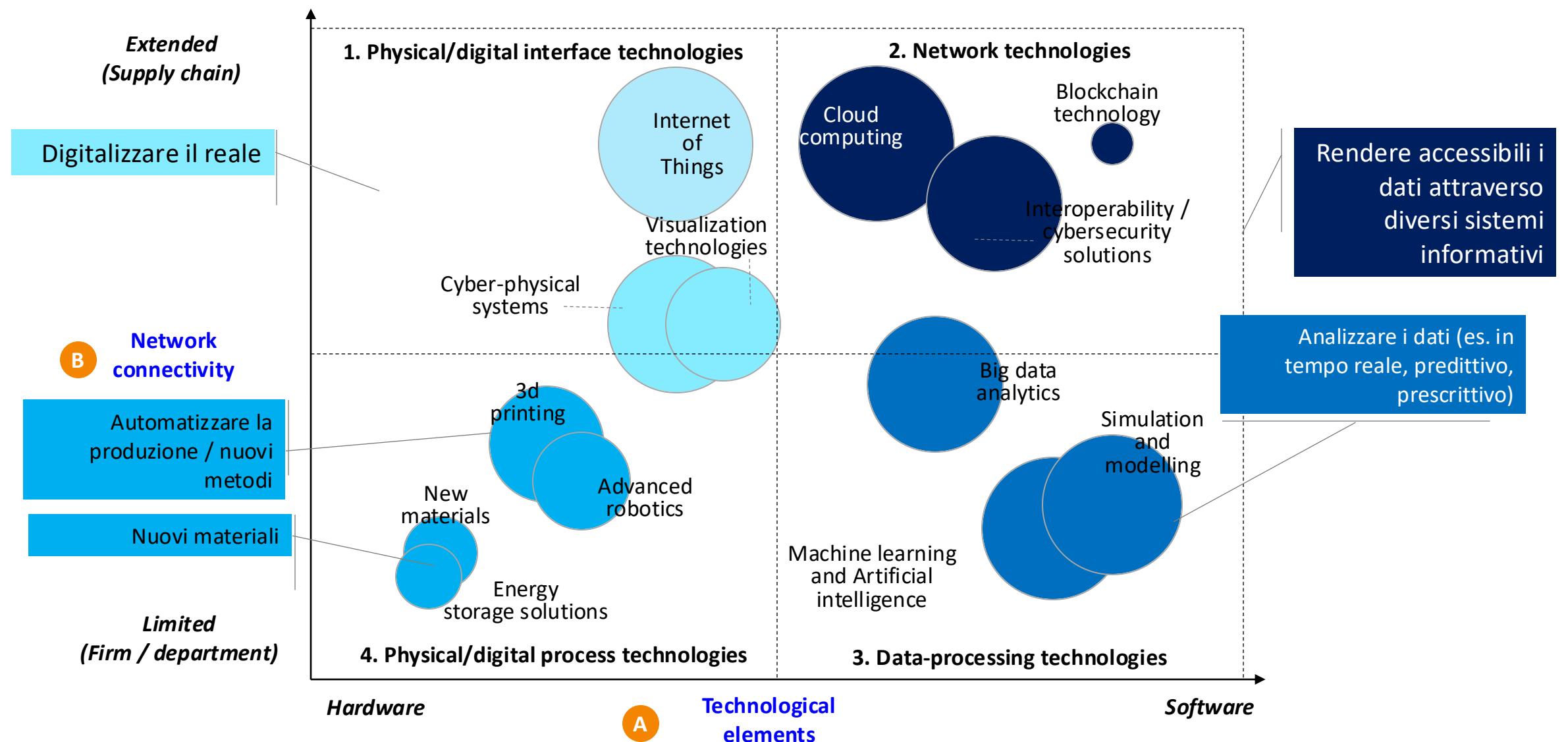
Tecnologie abilitanti



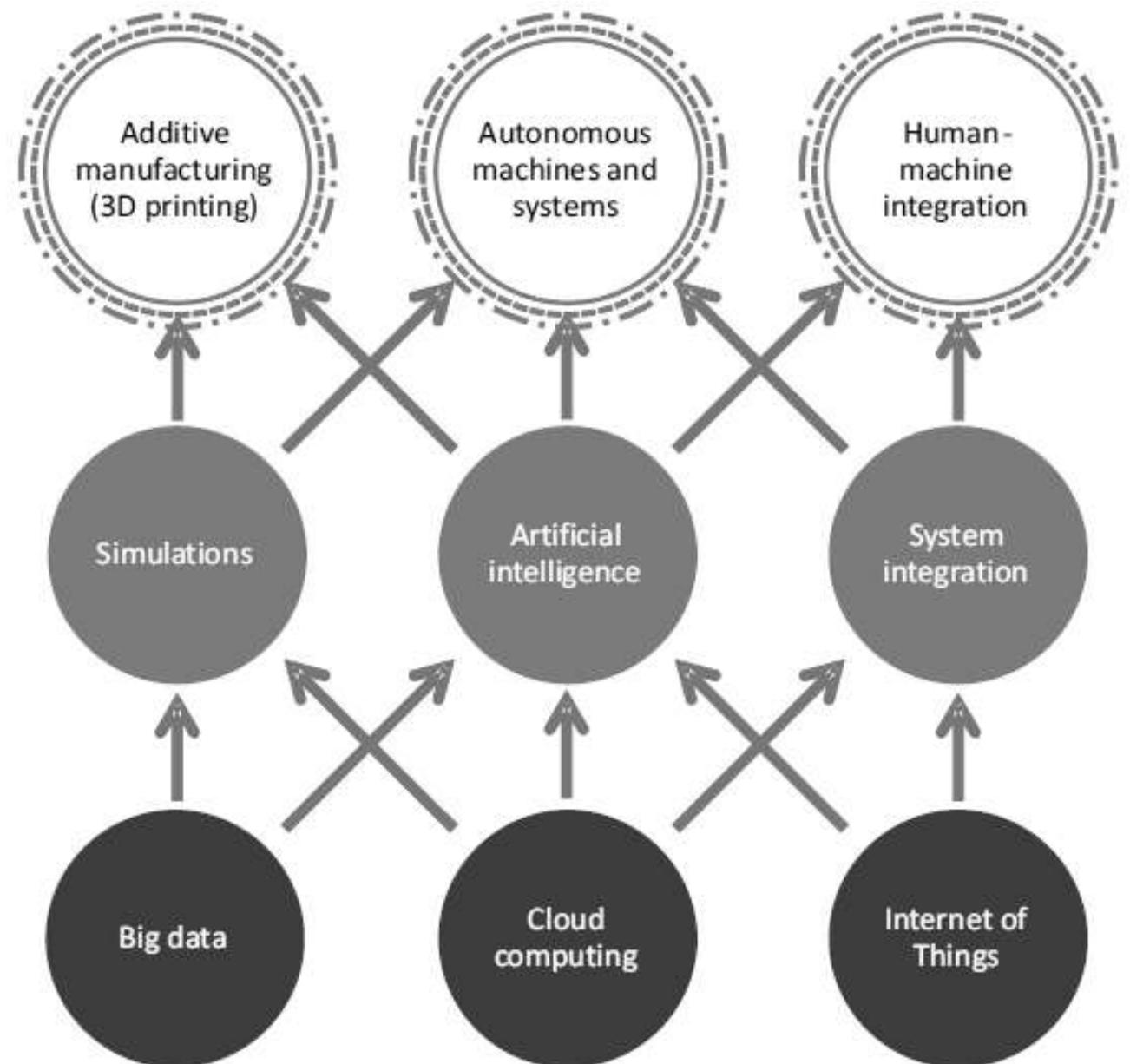
Tecnologie abilitanti



Tecnologie abilitanti



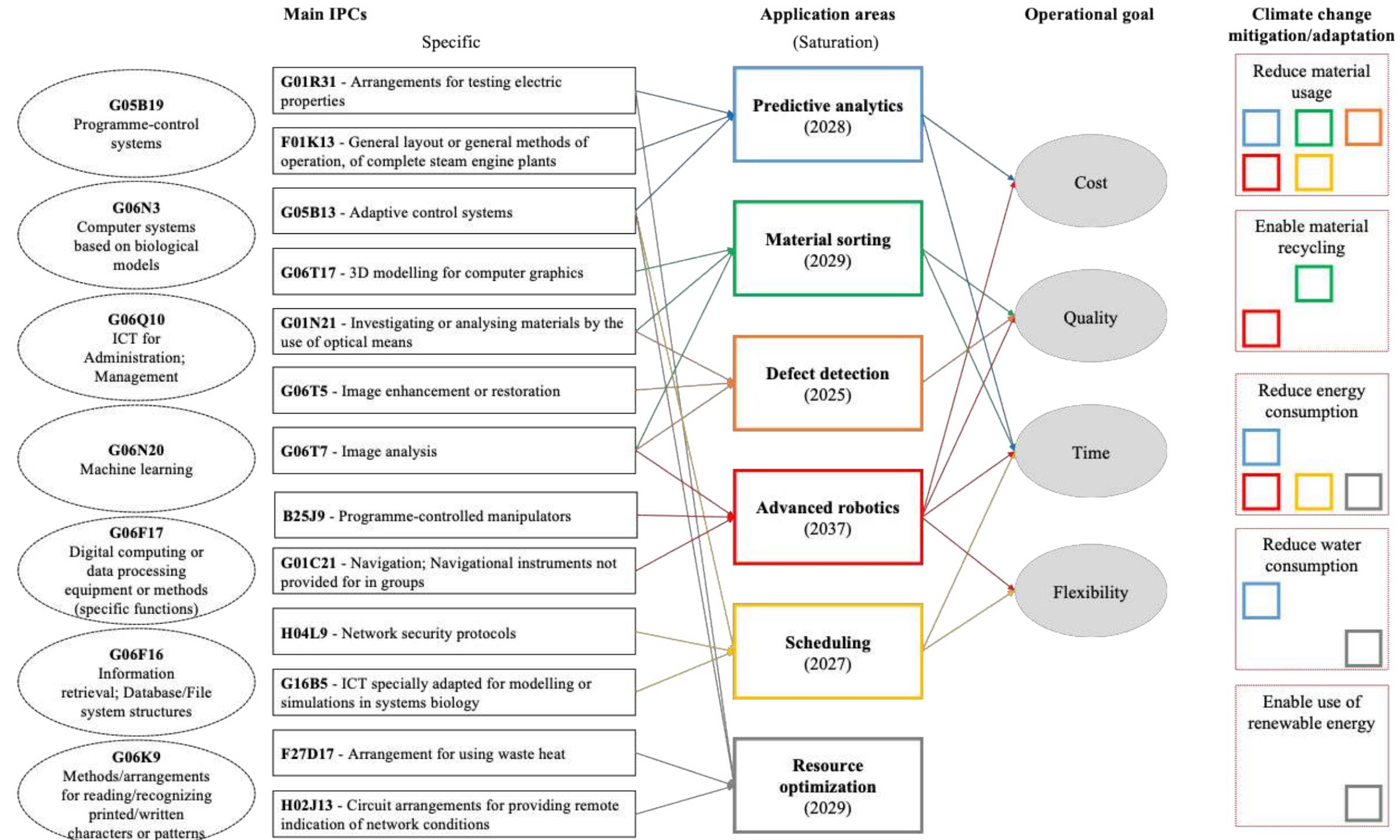
Evoluzione per combinazione



Fonte: OECD 2017

Evoluzione per combinazione

Esempio AI for Climate Change (settore manifatturiero)

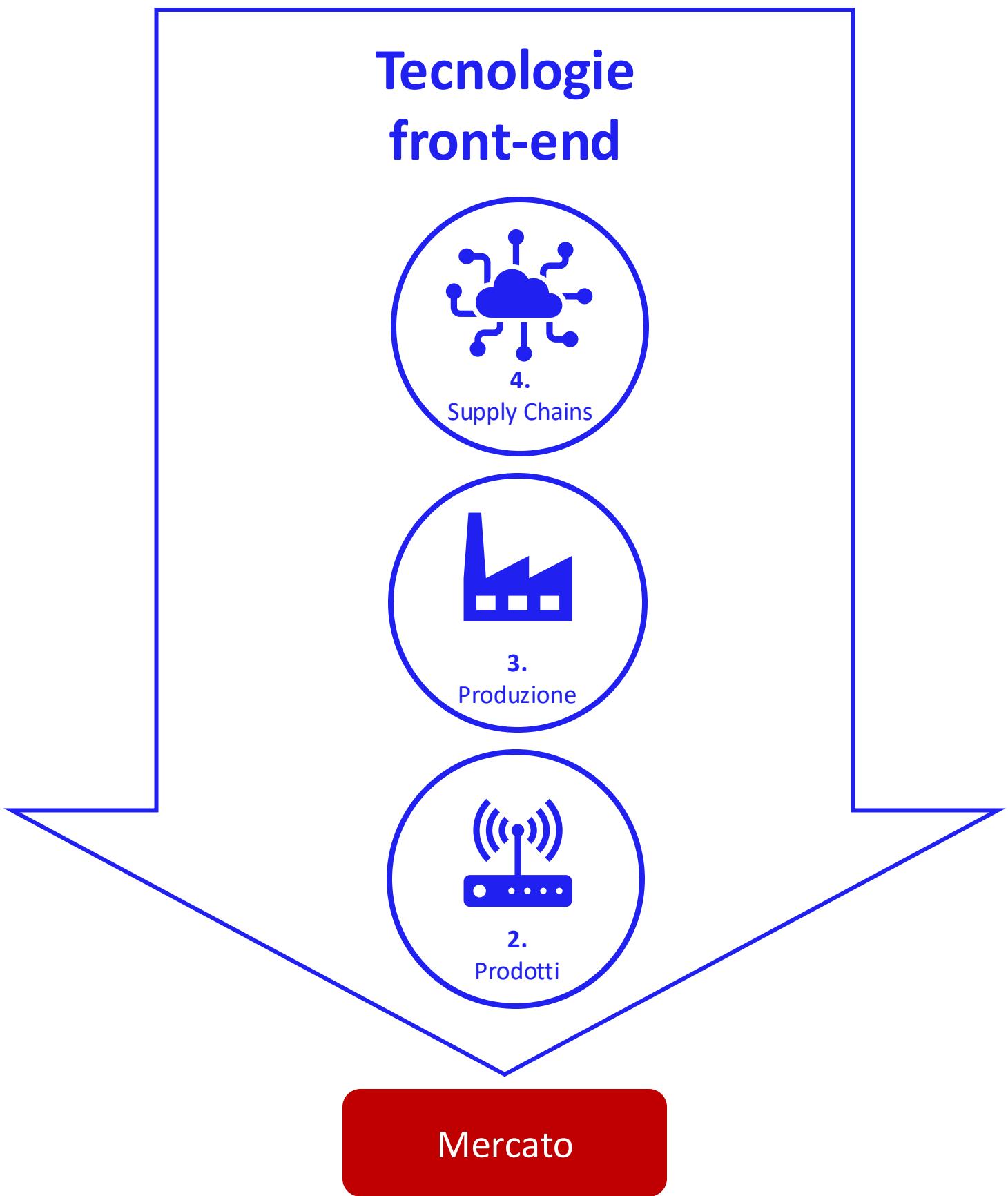


Soluzioni applicative

Tecnologie base

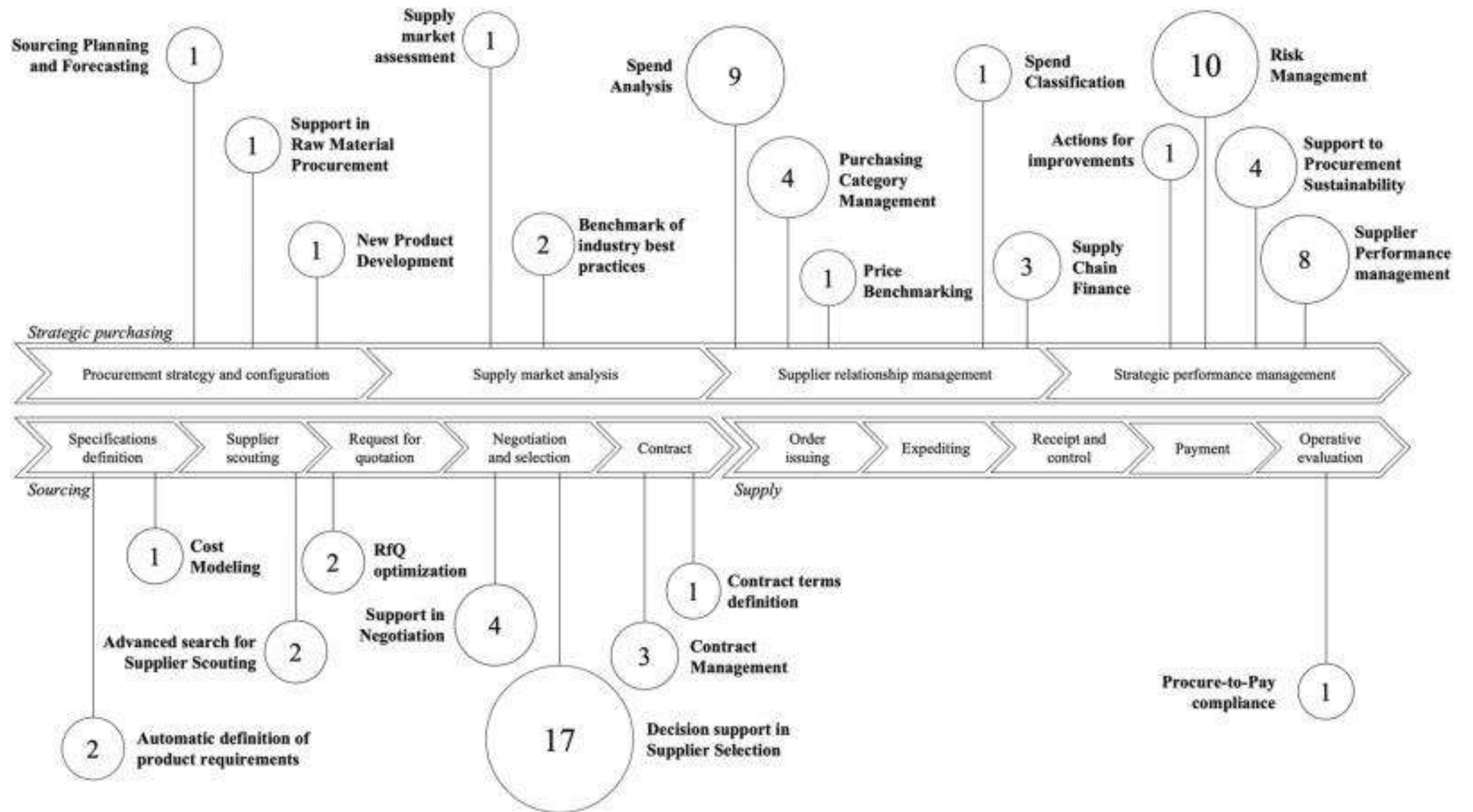


Tecnologie front-end

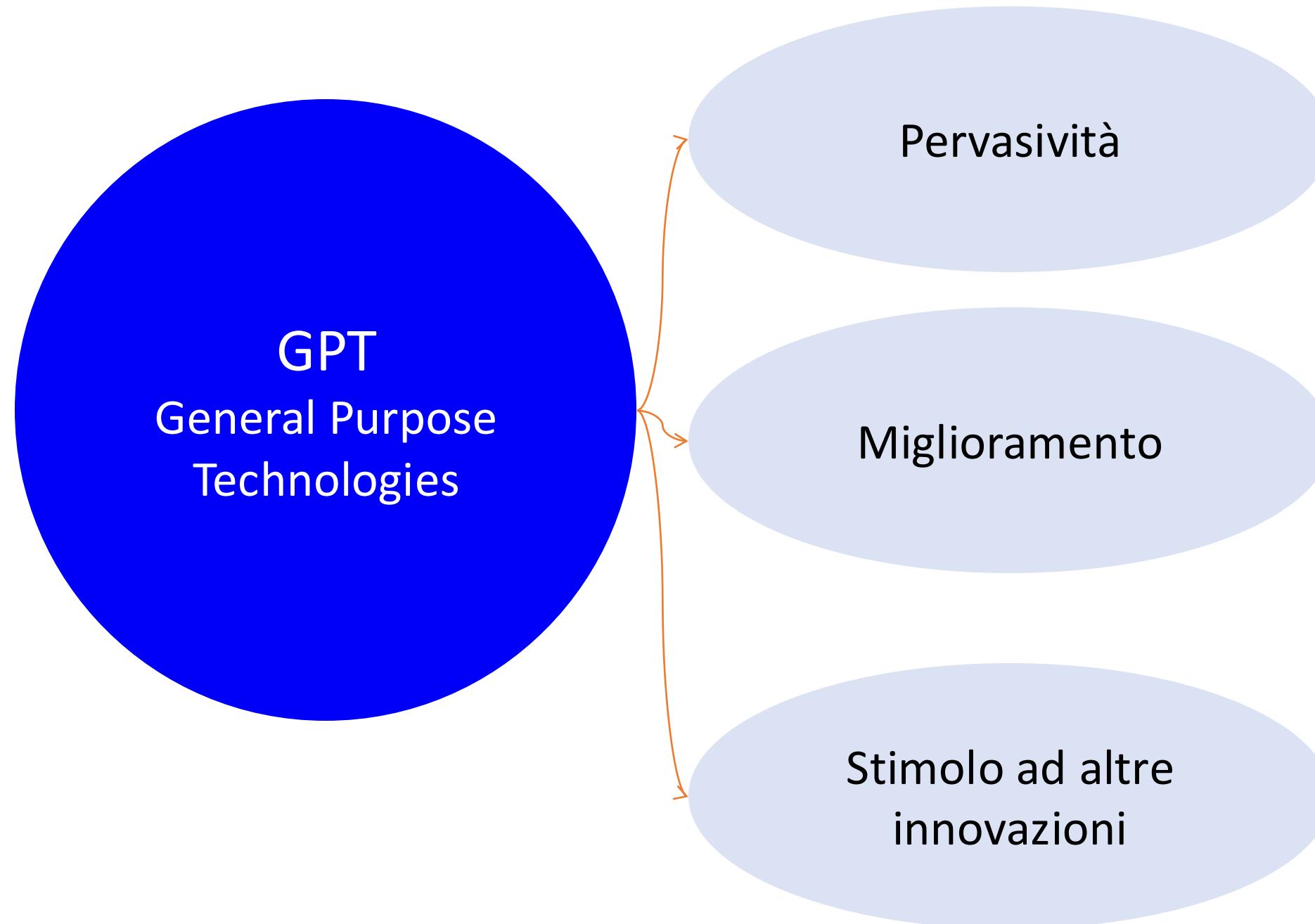


Soluzioni applicative

Esempio AI in Procurement



Tecnologie ad ampio spettro



- Attraverso diversi settori industriali
- Maggiori performance
- Minori costi
- Abilità l'invenzione di nuove innovazioni di prodotto e di processo

Ma la tecnologia da sola non basta

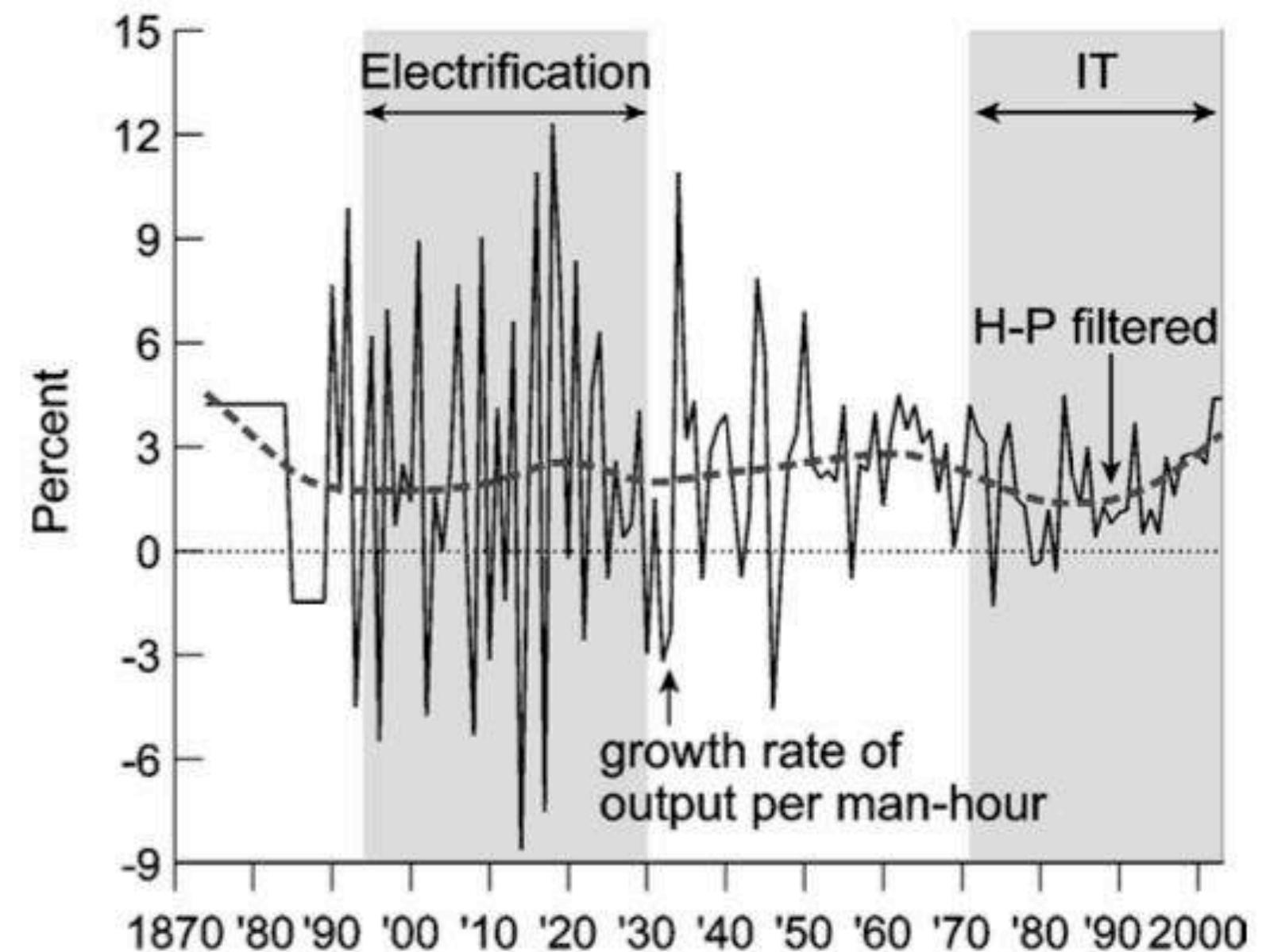
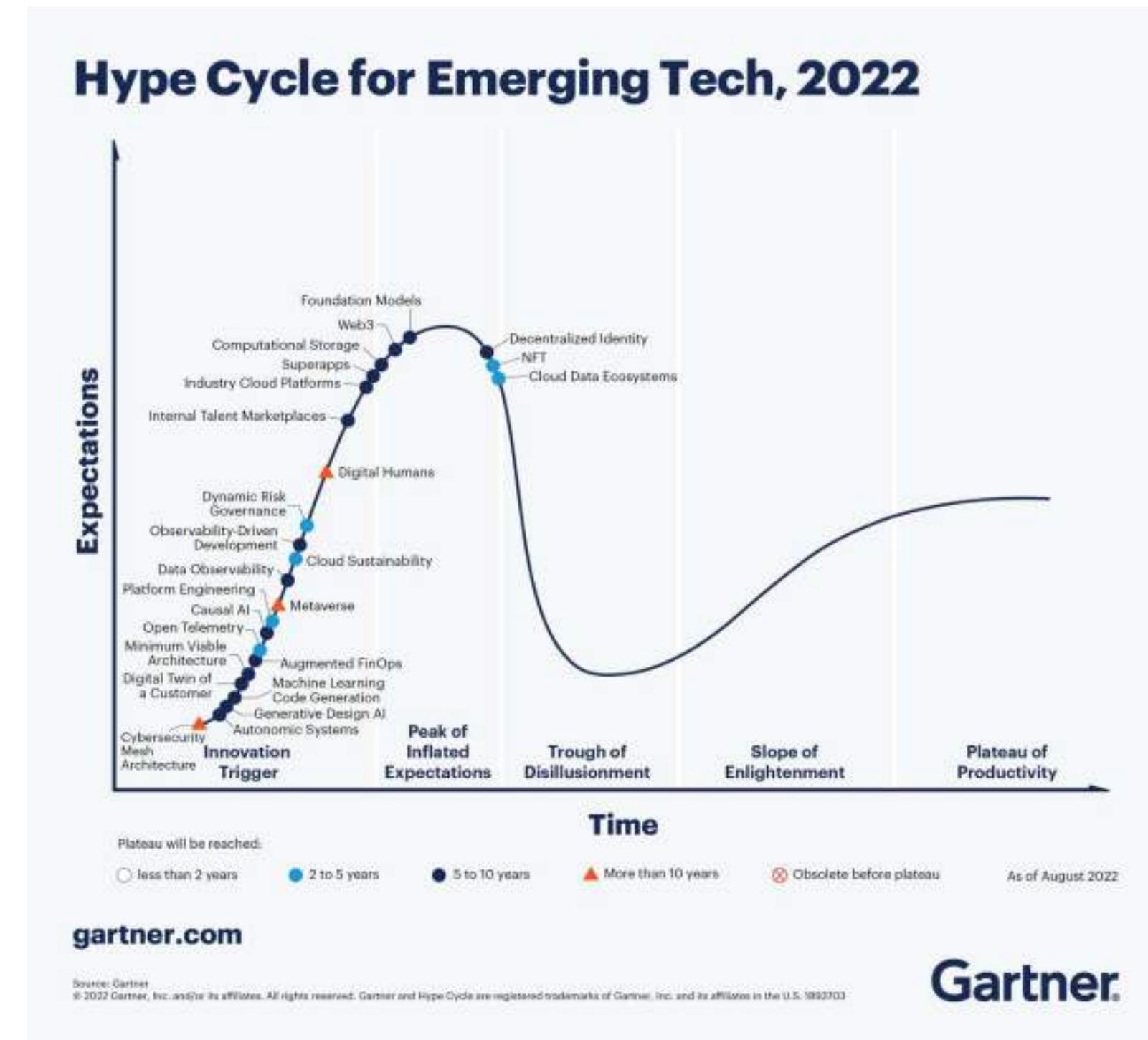


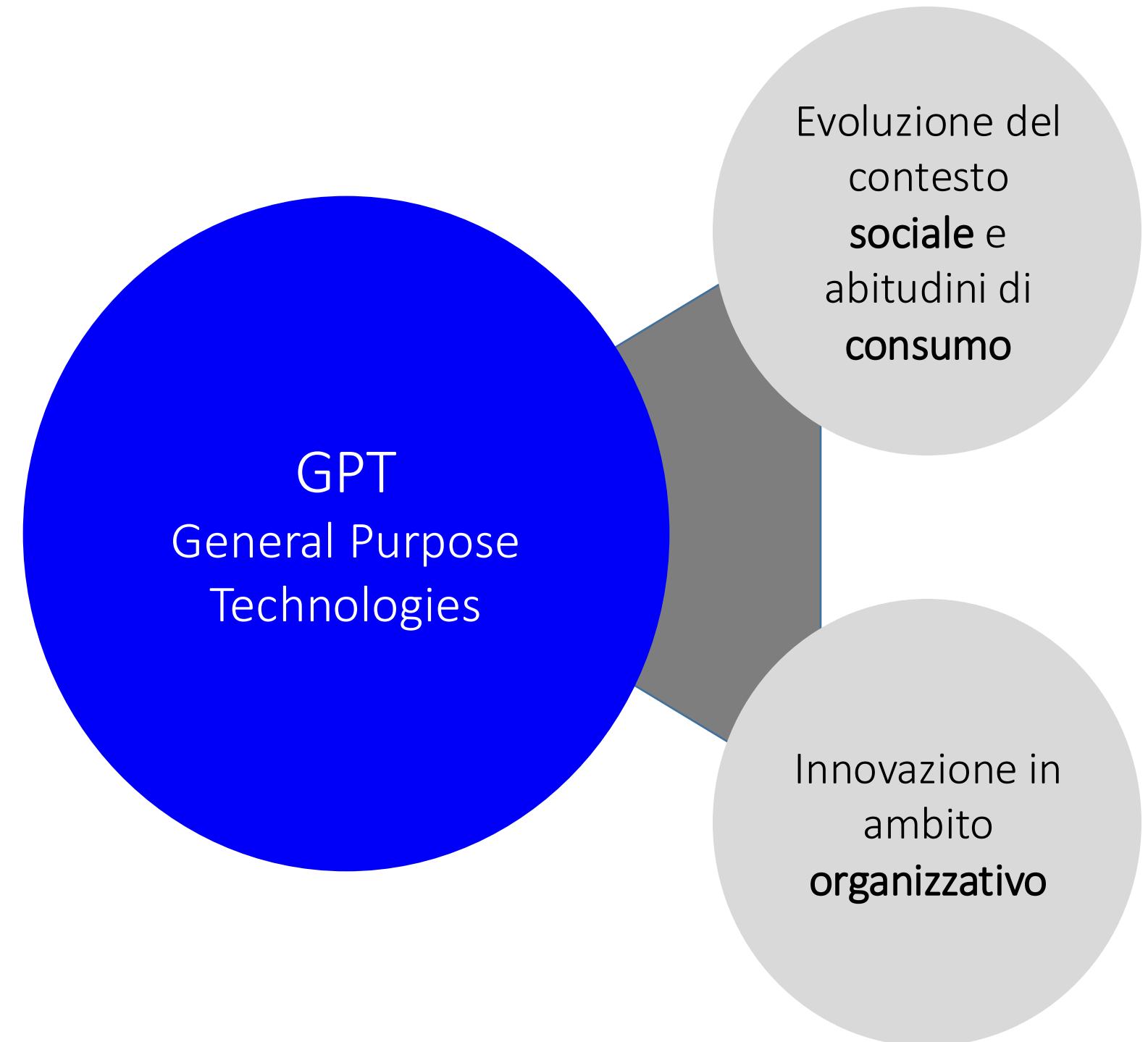
Figure 1. Annual growth in output per man-hour, 1874–2004.

E le aspettative non corrispondono alla realtà

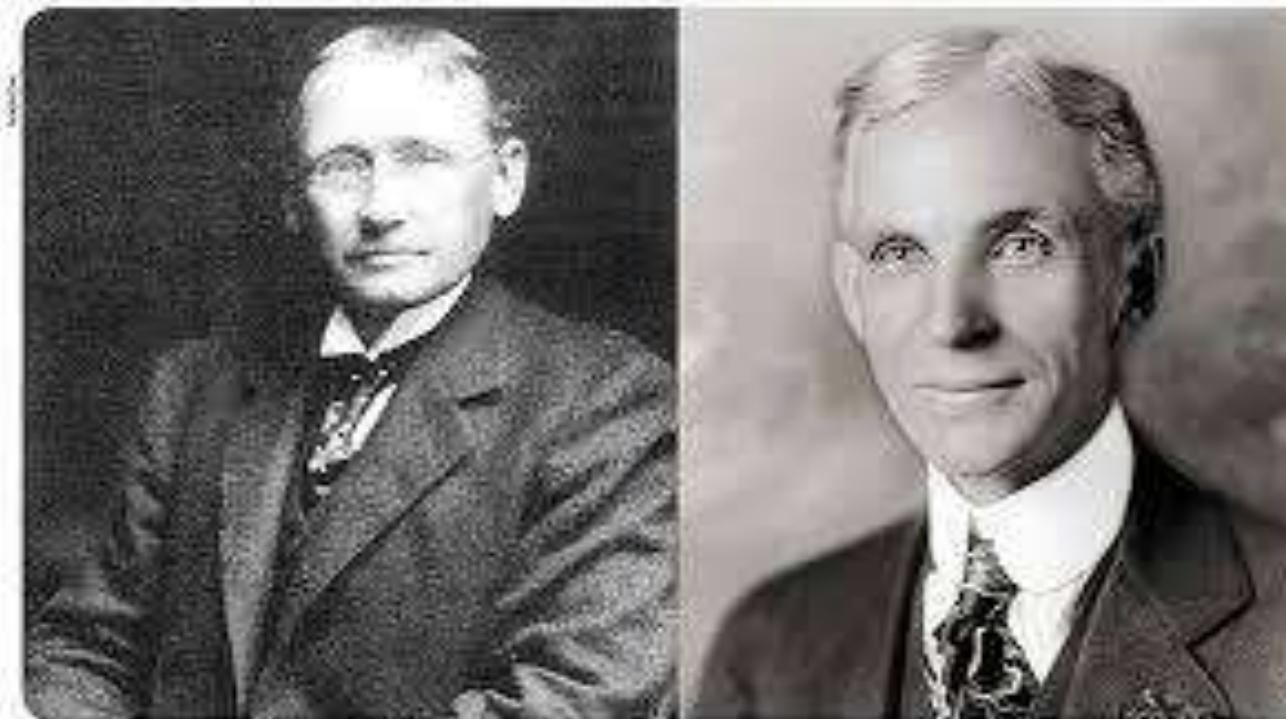
Gartner Hype Cycle



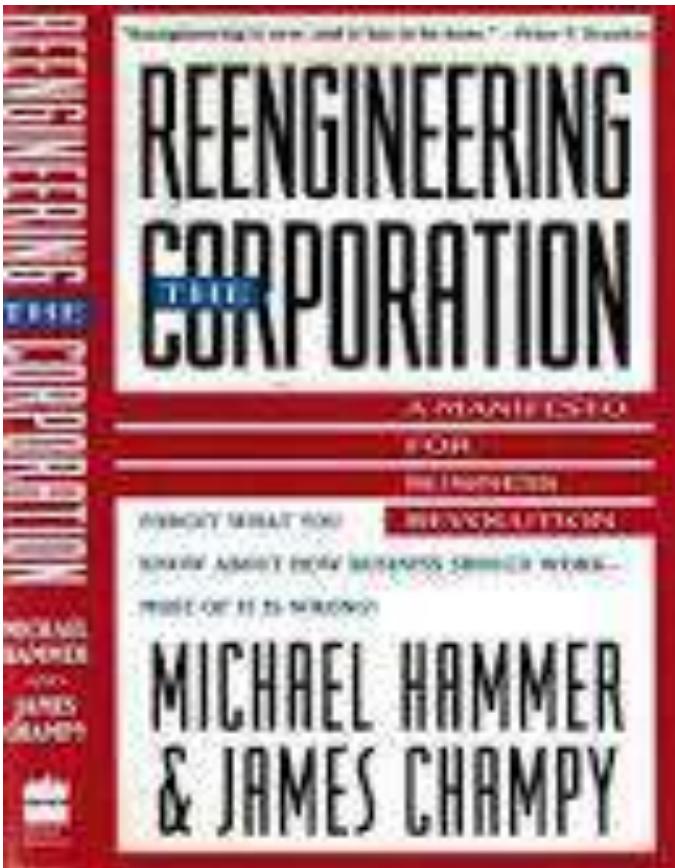
Interdipendenze tra tecnologia e società



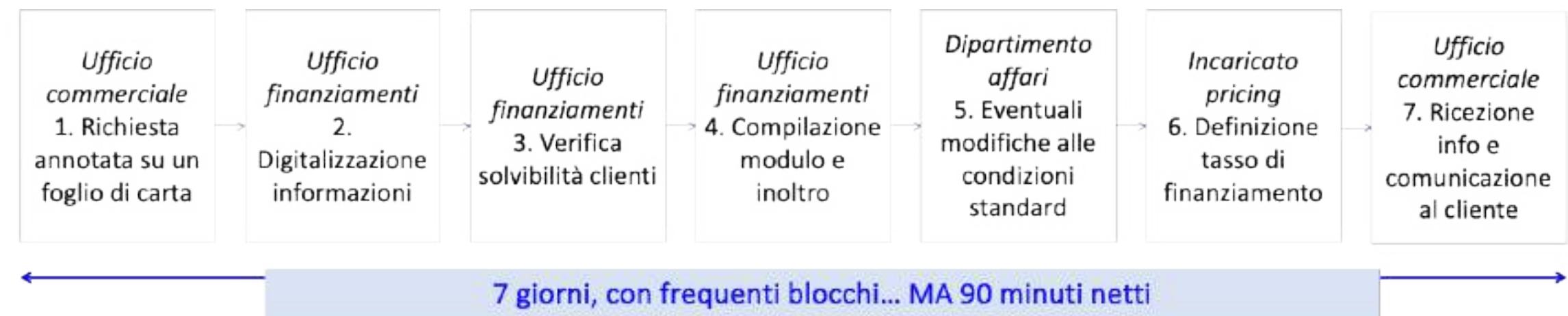
La storia insegna (1/2)



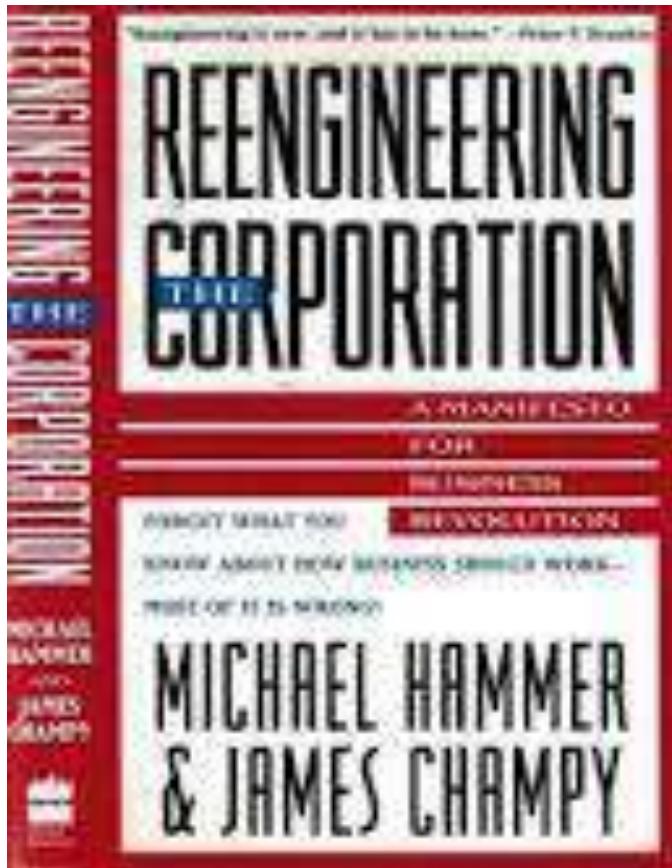
La storia insegna (2/2)



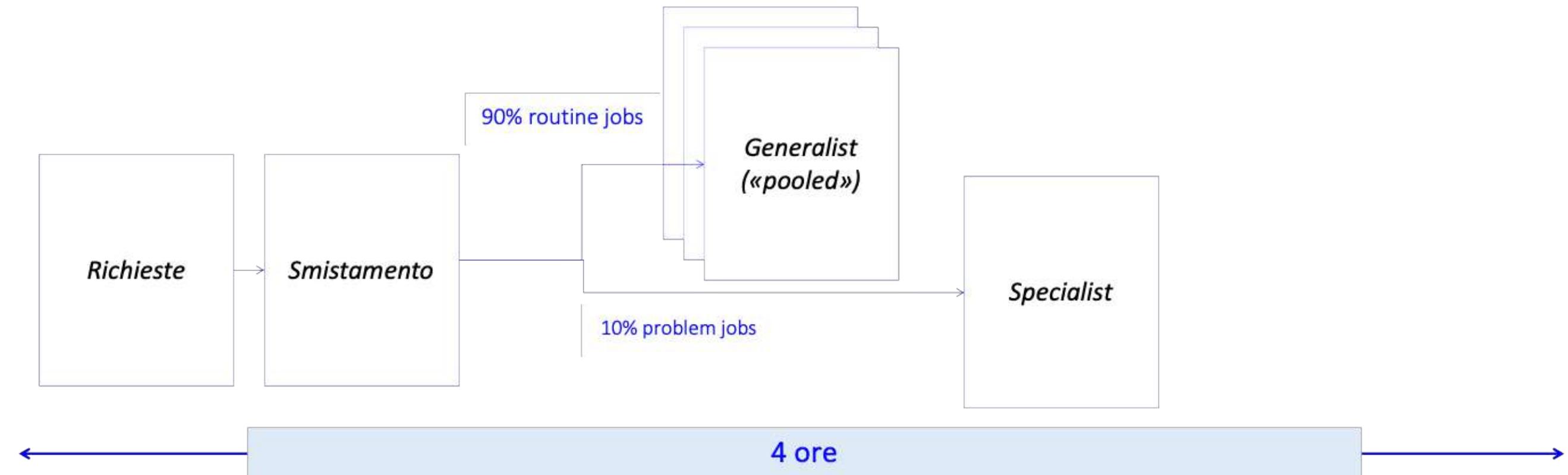
Prima....



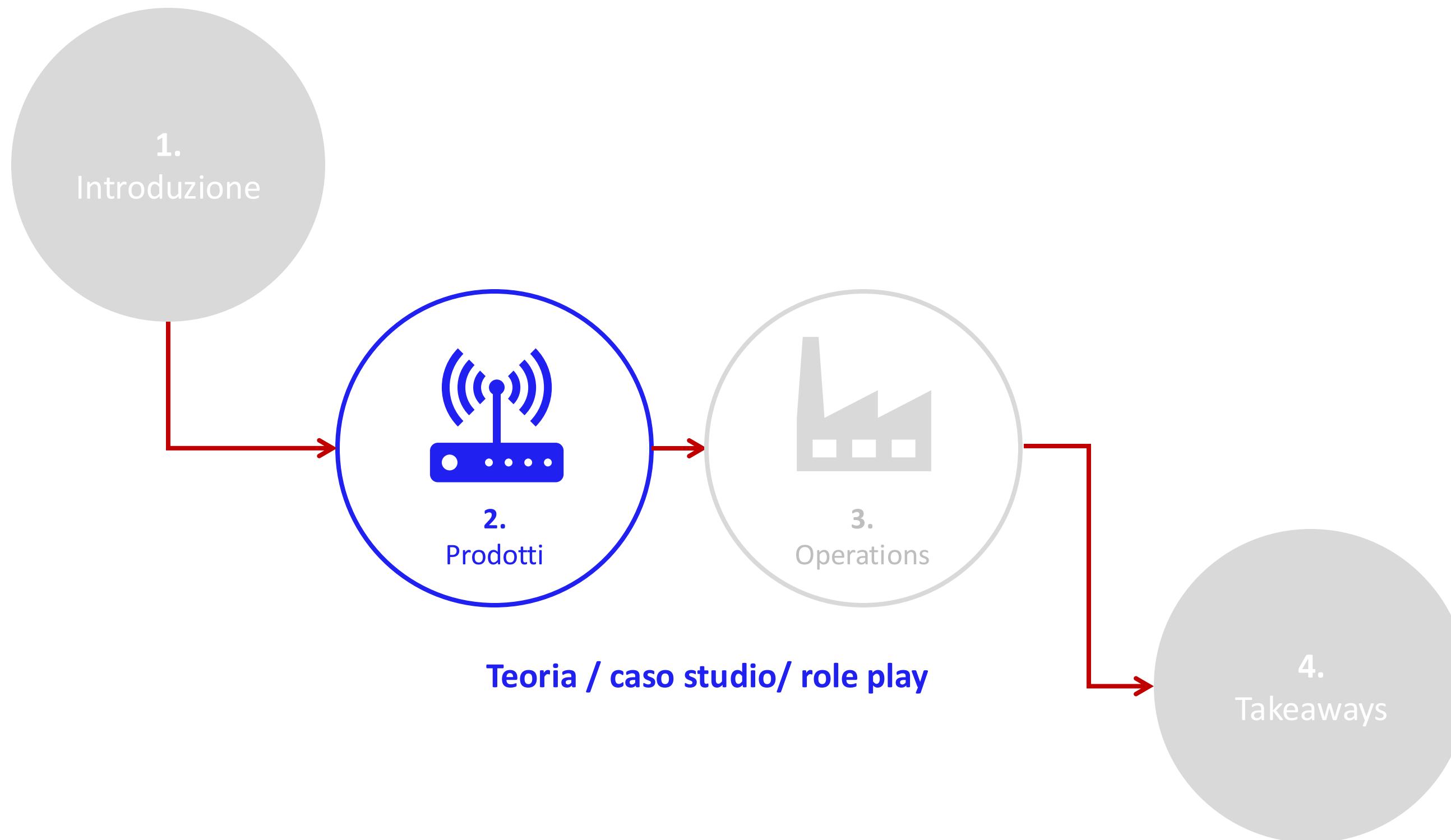
La storia insegna (2/2)



... dopo

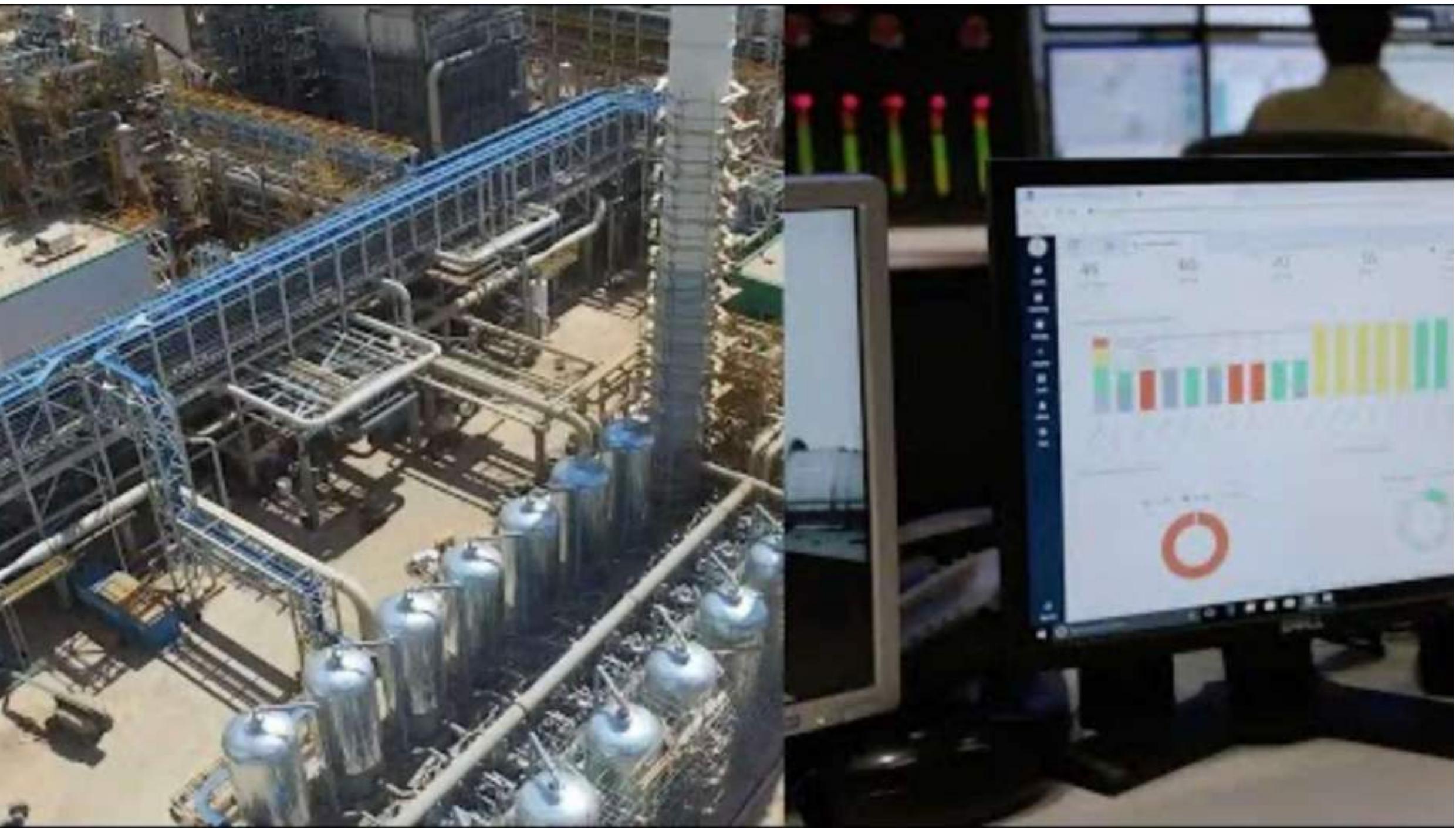


Agenda di oggi

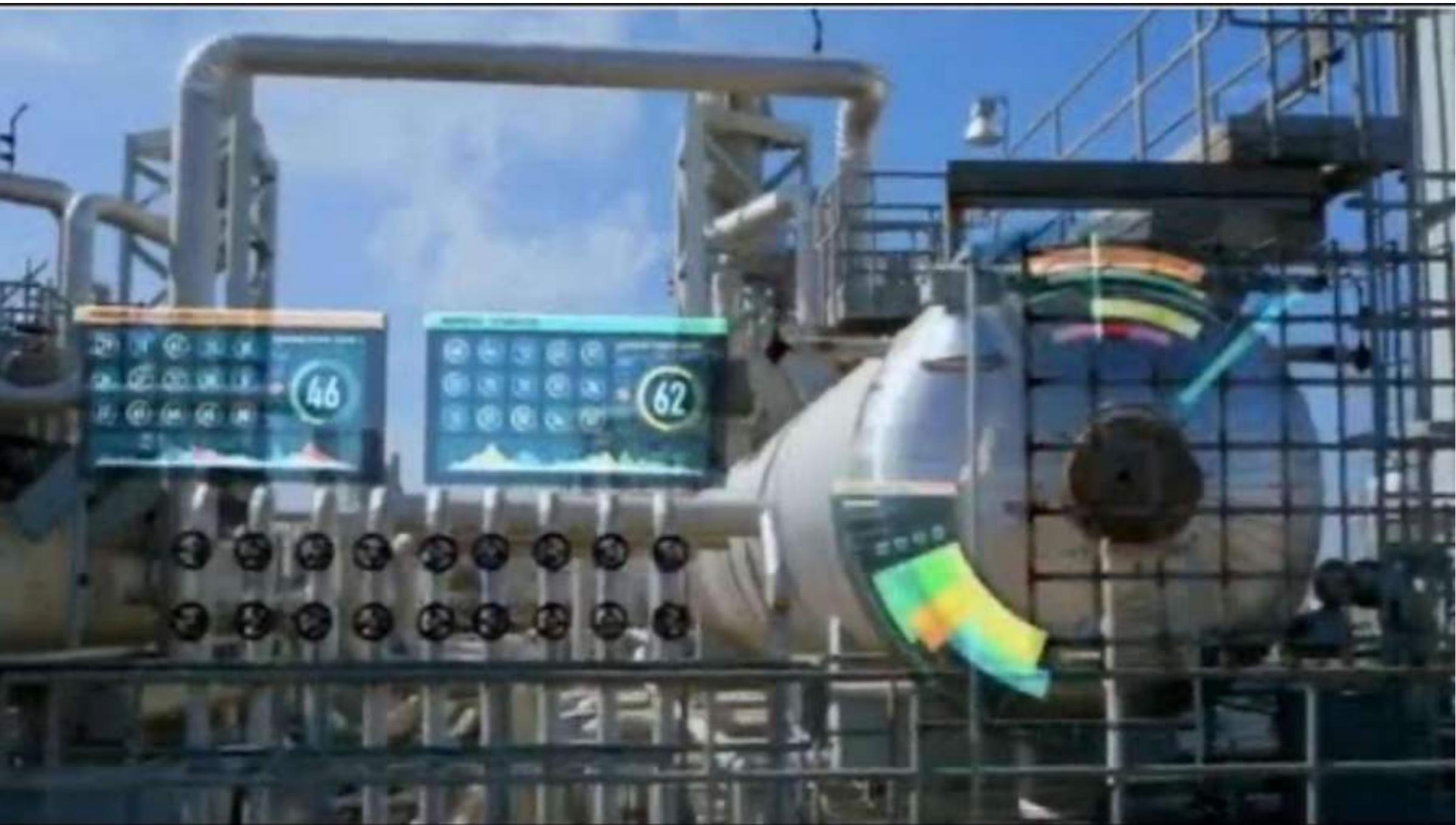




Partiamo da un caso studio: GE Digital



Partiamo da un caso studio: GE Digital





Analisi di caso: contesto

Trasformazione digitale: opportunità per un'azienda nell'ambito dei macchinari industriali (GE)

- Cosa cercano le aziende clienti?
- Perché le aziende clienti si rivolgono a service provider esterni?

Contesto competitivo: quali vantaggi/svantaggi ha GE rispetto alle diverse categorie di competitor:

Player industriali

Fornitori infrastruttura IT

Aziende di software

Aziende di consulenza



Analisi di caso: GED

	Strategia – es. Cosa fa GE? Dove investe? Come approccia il cliente?	Organizzazione – es. Quali unità organizzative sono coinvolte? Come sono integrate le competenze?	
Fase 0 Alle origini di GED			
Fase 1 Costituzione di GE Digital			

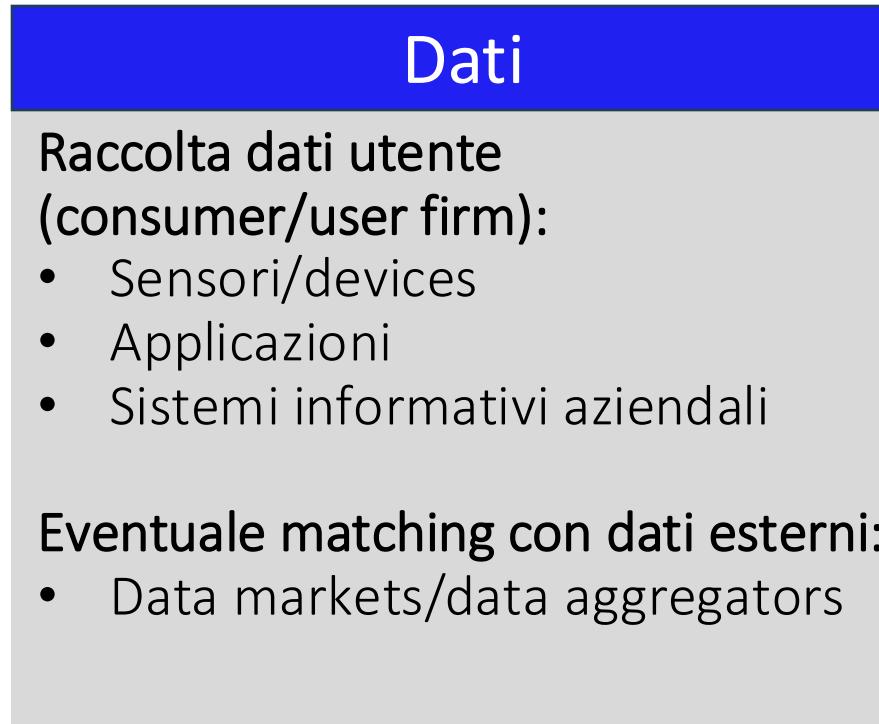


Analisi di caso: GED

	Strategia – es. Cosa fa GE? Dove investe? Come approccia il cliente?	Organizzazione – es. Quali unità organizzative sono coinvolte? Come sono integrate le competenze?	
Fase 2 La nuova GED			
Fase 3 Cambio di direzione			



Dal caso alla teoria: digital servitization



Analytics

Quattro livelli progressivi:

1. Monitoraggio:

stato di prodotto, utilizzo, interazione con ambiente esterno

→ *Invio di alert e notifiche di cambiamento*

2. Controllo:

software (embedded/cloud)

→ *Personalizzazione dell'user experience/controllo di funzionalità prodotto*

3. Ottimizzazione:

algoritmi per operatività/uso di prodotto

→ *Migliore performance di prodotto, diagnostica/manutenzione predittiva, ottimizzazione processi*

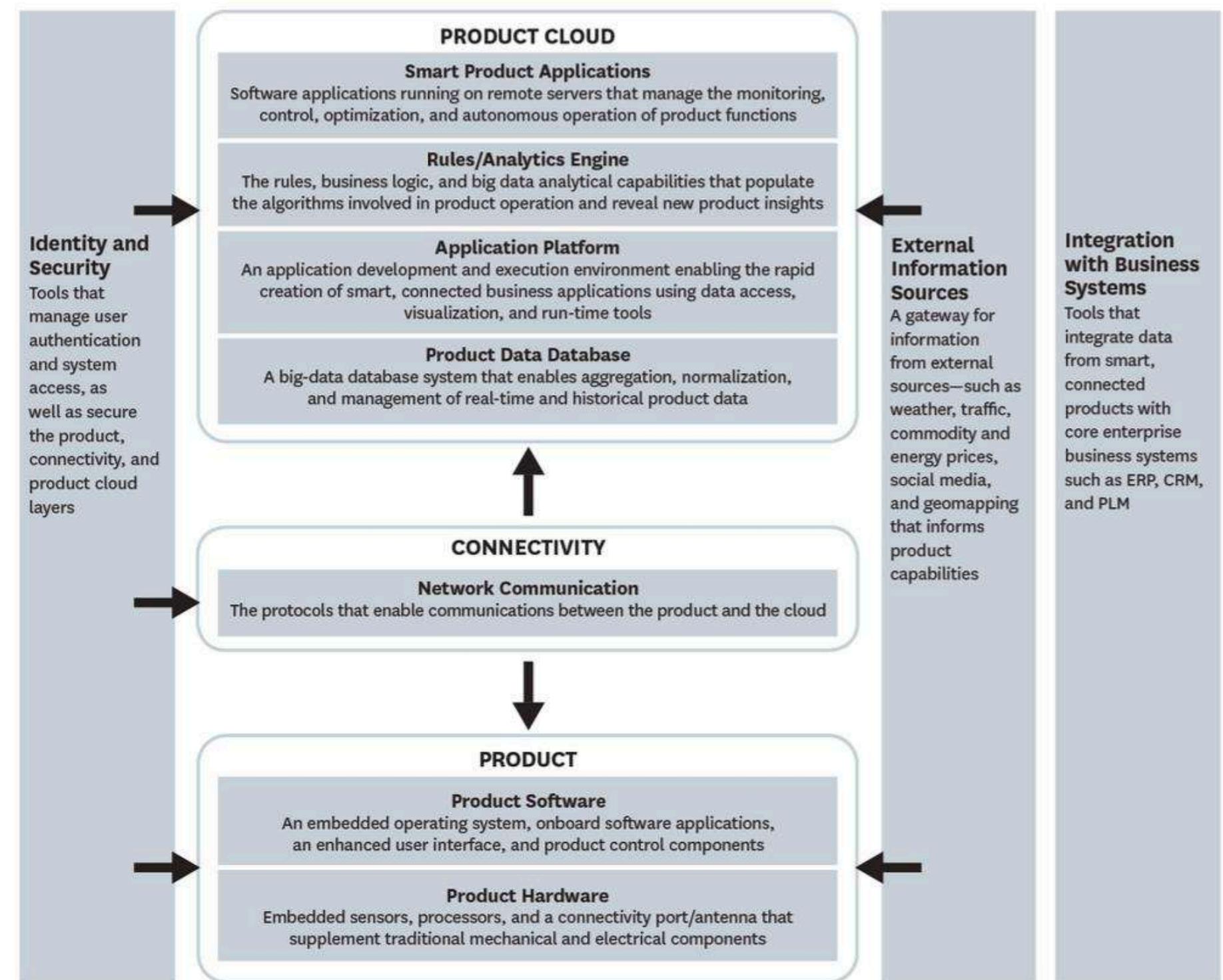
4. Autonomia:

intelligenza artificiale avanzata, attuatori

→ *Controllo autonomo di prodotto e auto-coordinazione con altri prodotti/sistemi, autodiagnosi, servizi*

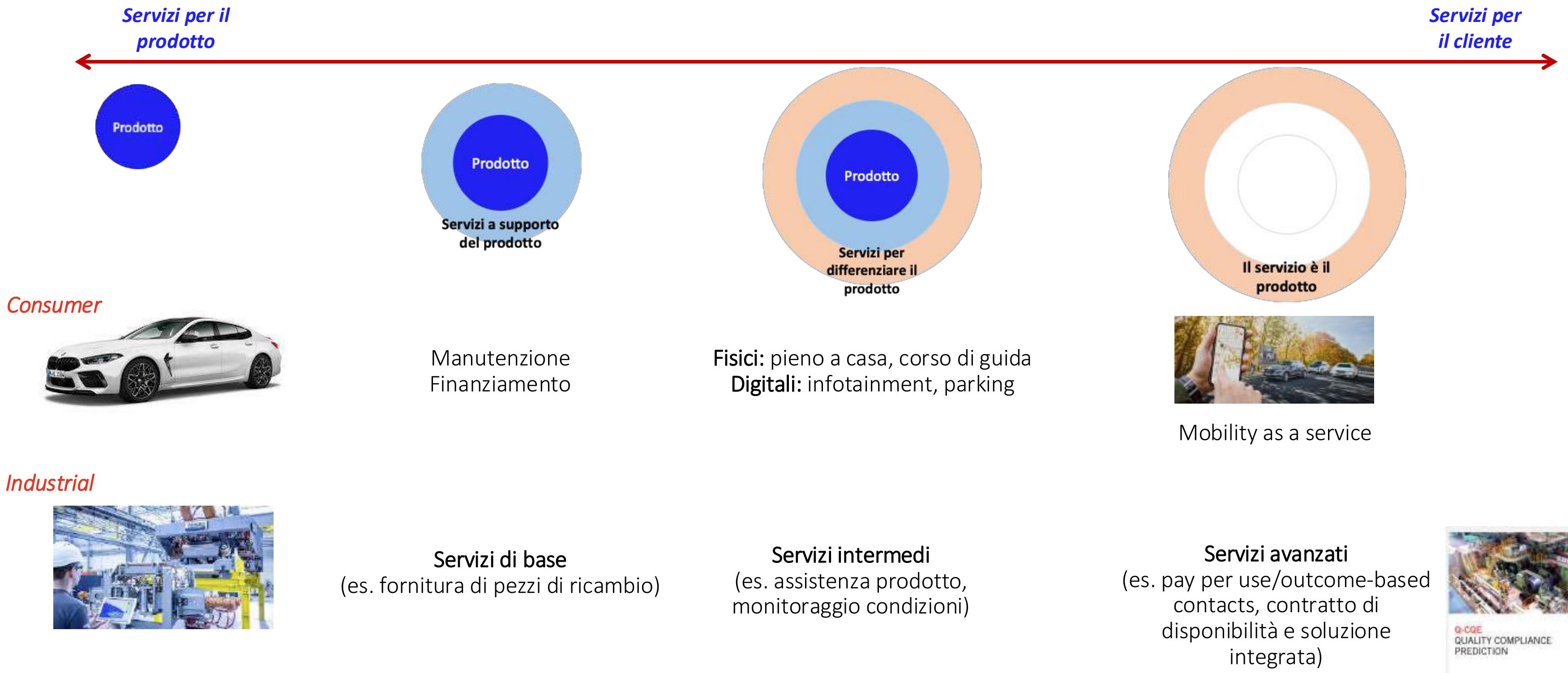


Il concetto di «technology stack»





Quali servizi?





Digital servitization (B2B): implicazioni



Possibili benefici

ClienteE

- Accesso a tecnologie avanzate/aggiornate
- Ottimizzazione dei flussi di cassa (da CAPEX a OPEX)
- Aumento efficienza operativa (OEE)
- Condivisione del rischio con il fornitore
- Concentrazione delle risorse su core capabilities

Fornitore

- Differenziazione strategica, nuove proposte di valore
- Stabilità rispetto a cicli macroeconomici
- Relazione a lungo termine con il cliente
- Estensione del ciclo di vita di prodotto
- Accesso a dati (es. progettazione)
- Predittività interventi manutentivi



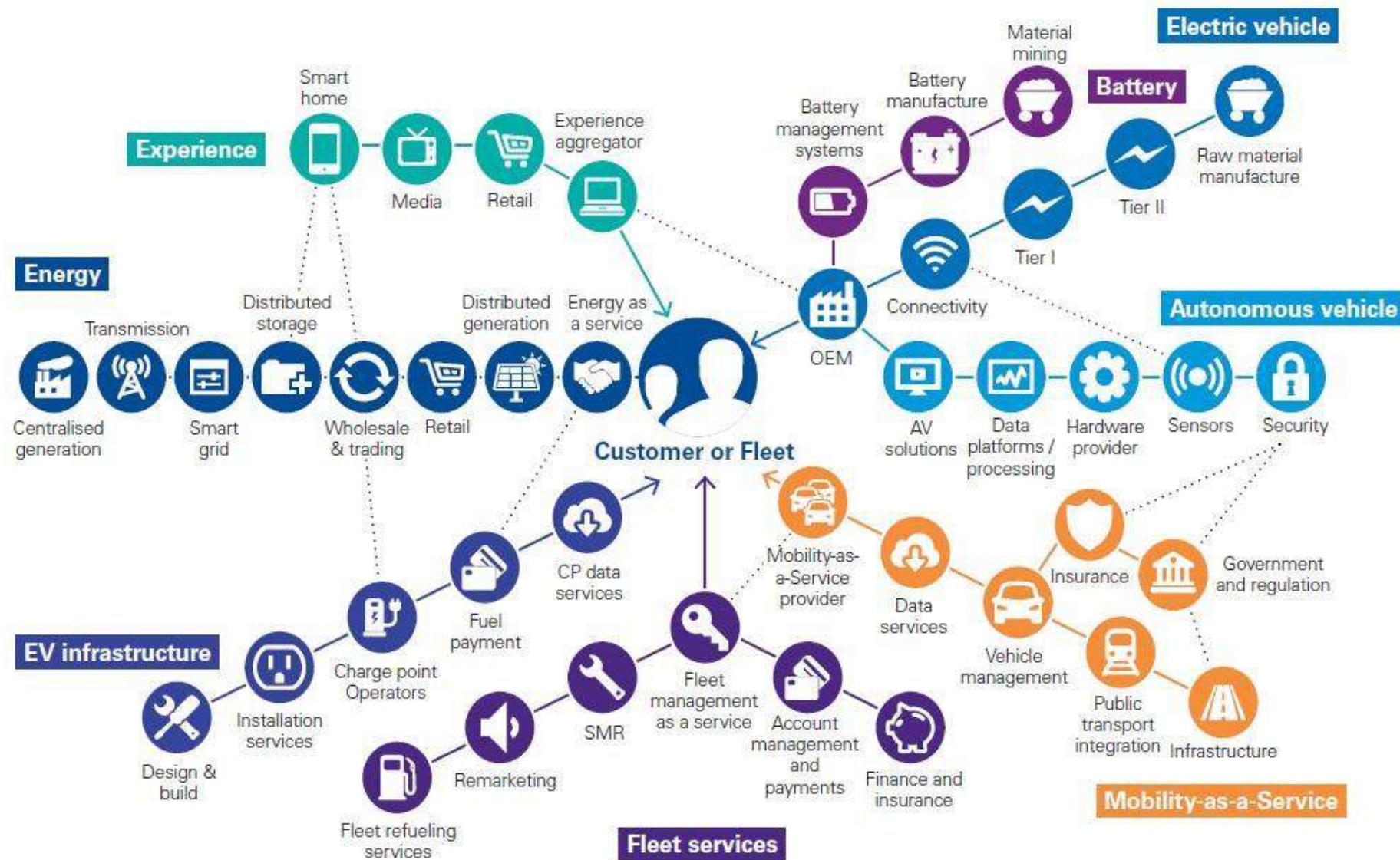
Aree critiche

- Proprietà intellettuale e condivisione dati con provider
- Appropriabilità
- Cybersecurity

- Competenze digitali, cultura
- Accesso a dati cliente
- Rischio cannibalizzazione altri business
- Nuovi partner e competitor
- Investimenti in infrastrutture consistenti



Le aziende devono gestire nuovi ecosistemi...



*"With **BMW points**, we give customers transparency. So, basically, every time they switch on electric mode we register and track the length of those trip. BMW points is kind of a littler reward system, you can convert into charging station credits. The customers are buying hybrid vehicles because they want to be sustainable, in this case we are tacking the data and turn them into a service to achieve their targets. Another part of the project is that we have e-zones, so cities can set up. We can have your vehicle automatically switching to electric mode in ezones.*

...

This are ways we work with customers to collect data and use data, but these are not data for data sake: what is the job that the customer is trying to do, and how can we as a company help the customer to achieve those goals better ways"

Intervista a responsabile BMW per progetto di ricerca UniUD – 2021

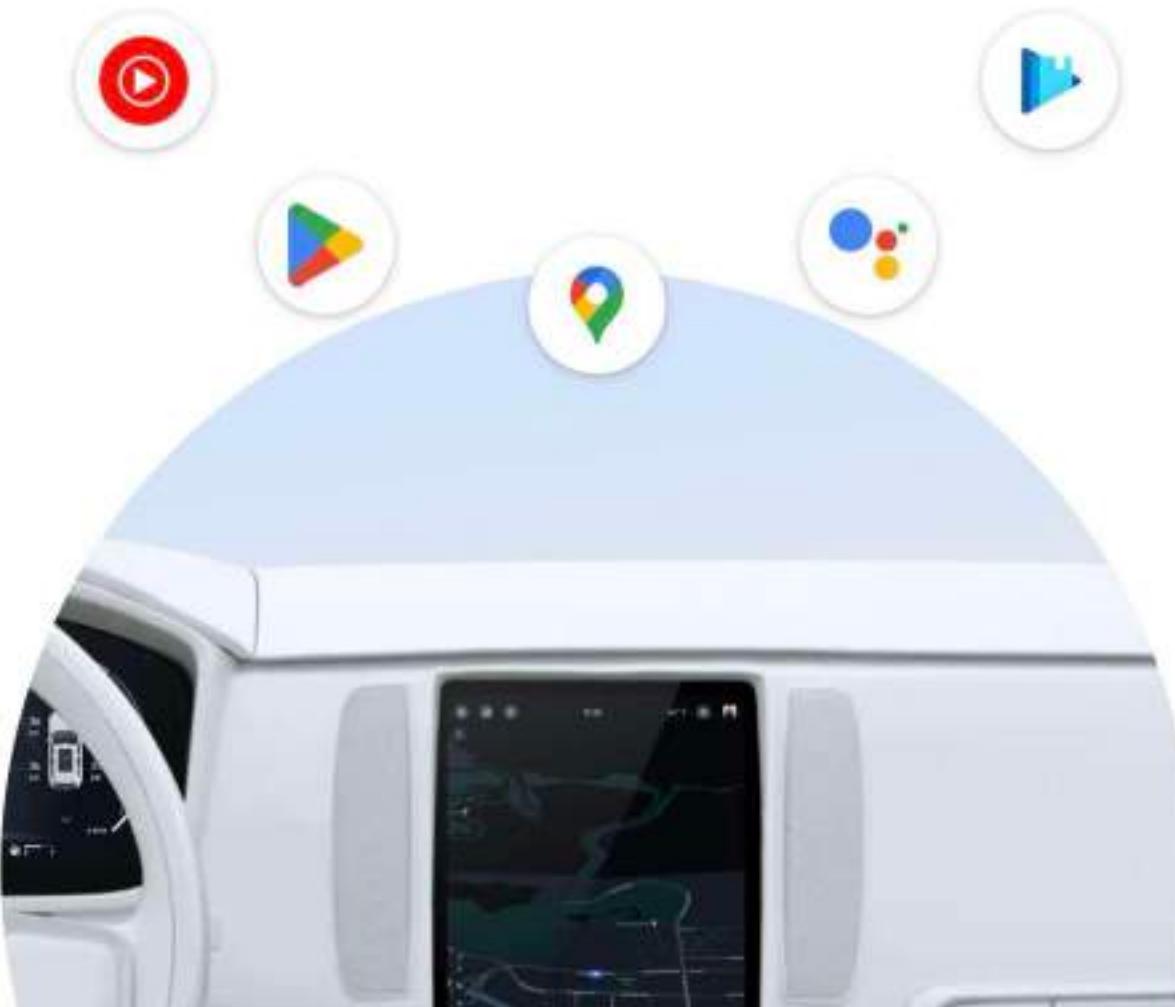
Risultati dello studio disponibili su:

Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2024). *The data sharing conundrum: revisiting established theory in the age of digital transformation*. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(7), 1-27.



... e nuovi partner (o competitor)?

With Google built-in,
every drive is more
helpful.



"I think where you get more challenges into sharing data is the ecosystem platforms, Android, Apple Car Play. Those two players are quite aggressive in terms of what data they are asking for as part of the service usage to the manufacturer. This might be crossing over to the space where it is basically part of the OEM customer relationship, not the infotainment part of the relationship. They have strong position, they have strong assets, and they are working to leverage them to further reinforce their position.... I think it is particularly hard for German OEMs, who have invested. If you are a smaller manufacturer or a different class of products, that's not where you are competing. Even if you look at Volvo, the new Pulse Star, they go very deep with the Google Experience as they are gonna focus on electromobility and not focus on the in-car entertainment. They are sharing a lot more data with Google than we are doing with our own implementation."

Intervista a responsabile BMW per progetto di ricerca UniUD – 2021

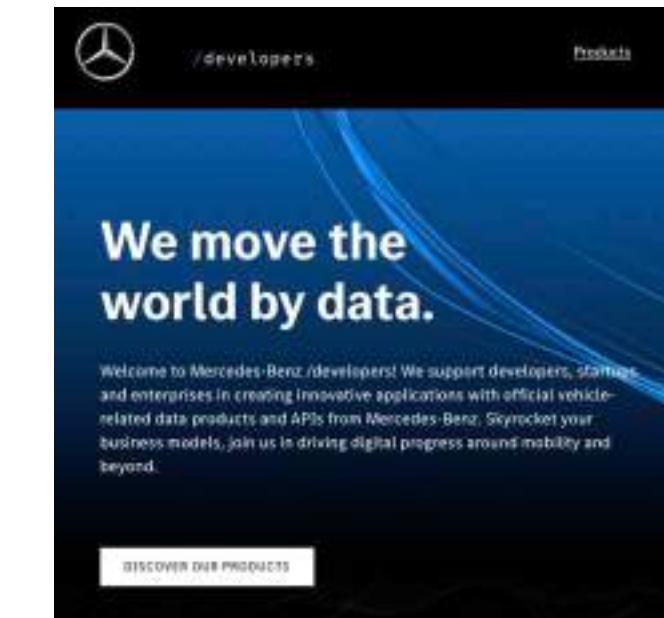
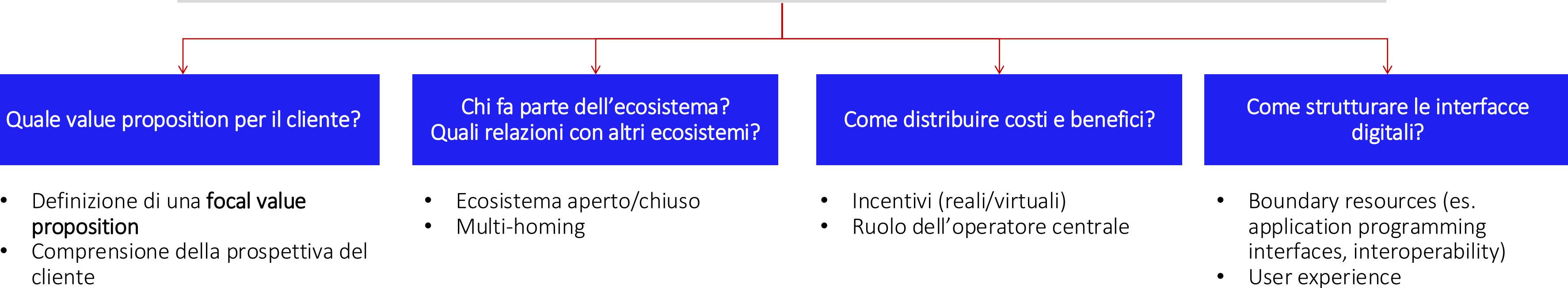
Risultati dello studio disponibili su:

Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2024). **The data sharing conundrum: revisiting established theory in the age of digital transformation.** *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(7), 1-27.



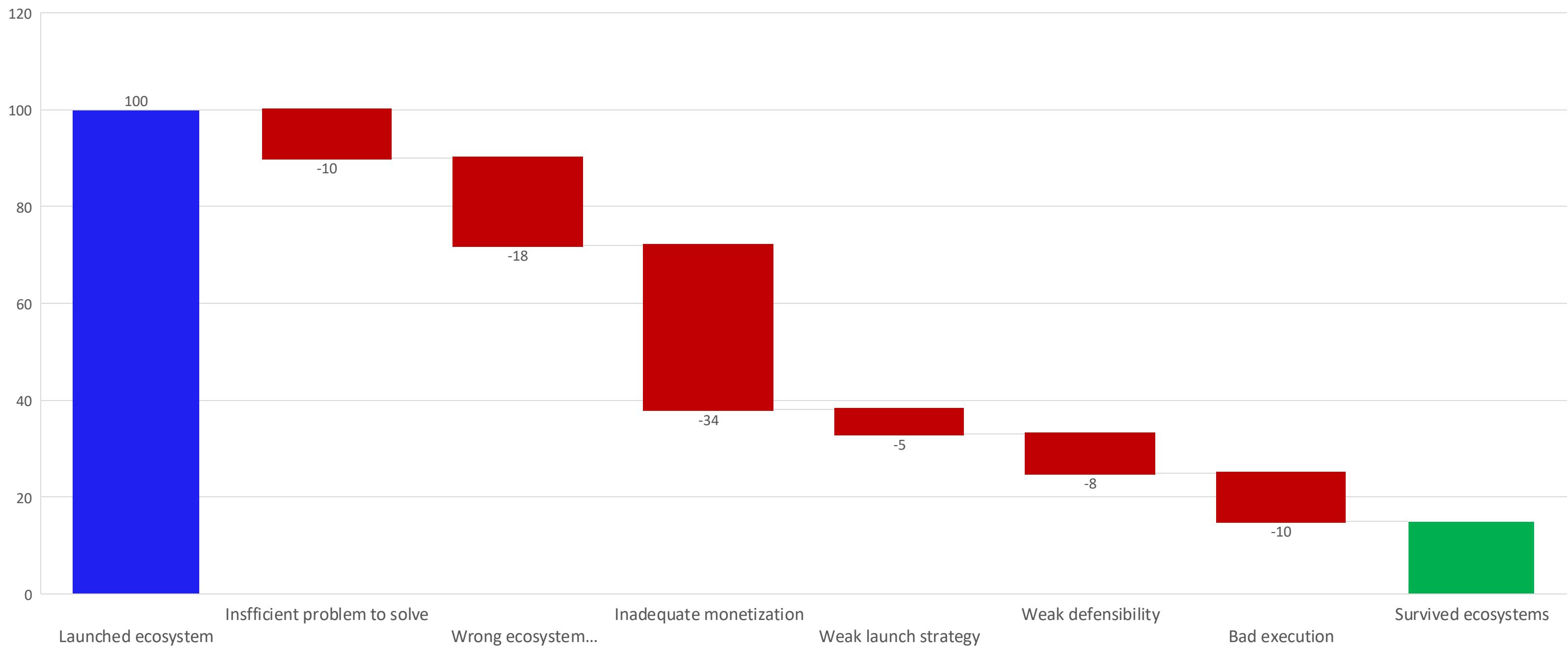
Il ruolo dell'ecosystem orchestrator

L'ecosistema è definito dalla **struttura di allineamento** tra una serie multilaterale di partner che devono interagire per dare vita a una **value proposition comune** (Adner, 2016)





E' facile? Solo il 15% ha successo



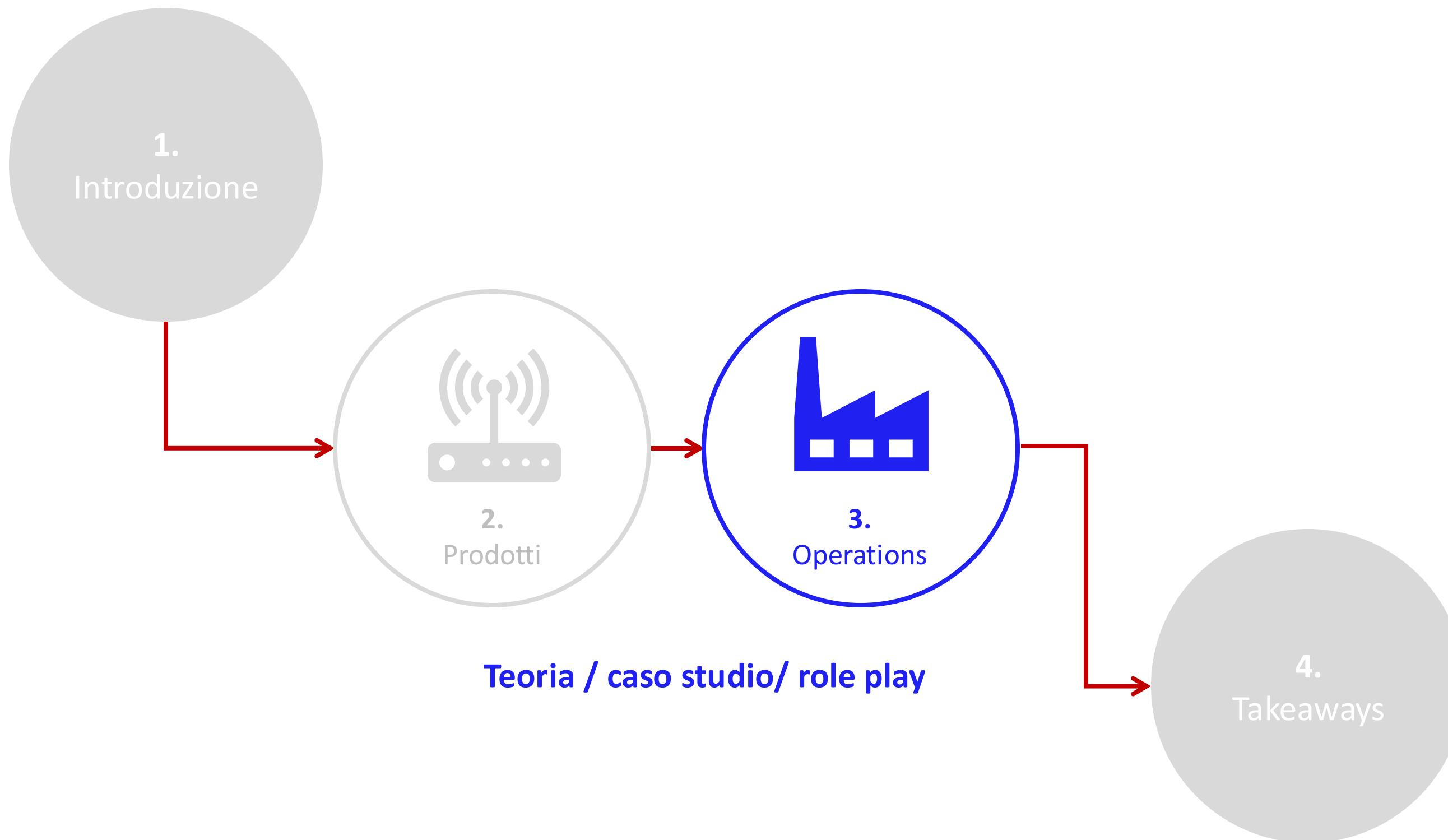
Fonte: BCG 2020 (<https://www.bcg.com/publications/2020/why-do-most-business-ecosystems-fail>) n=130



Torniamo al caso GED: key learnings

- Quali punti di forza/punti di debolezza vedete nella loro **strategia**?
- Quali punti di forza/punti di debolezza vedete nella loro **organizzazione**?
- Come il caso GED si relaziona con la **vostra esperienza**?

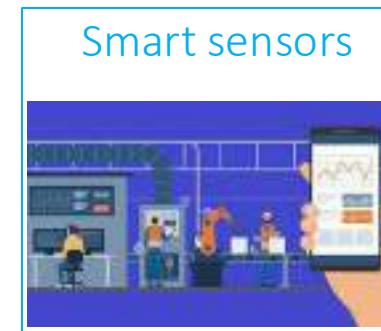
Agenda di oggi



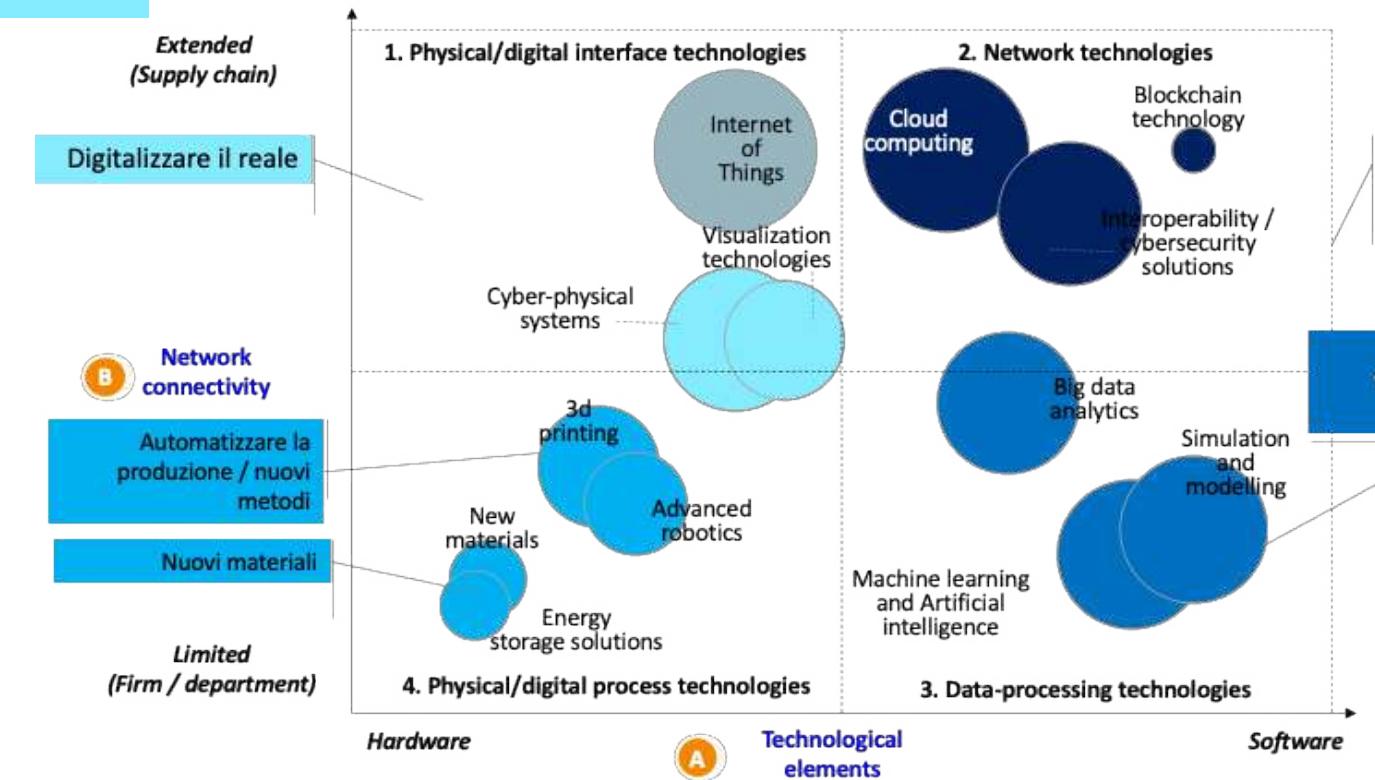


Ripartiamo dalle tecnologie: alcuni esempi

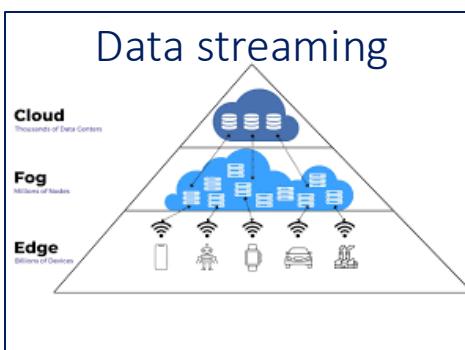
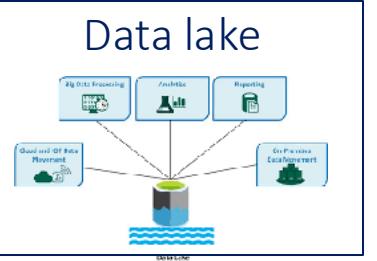
Digitalizzazione, sensorizzazione, augmented operator



Flessibilità, automazione, integrazione di meccanismi di risposta, movimentazione remota



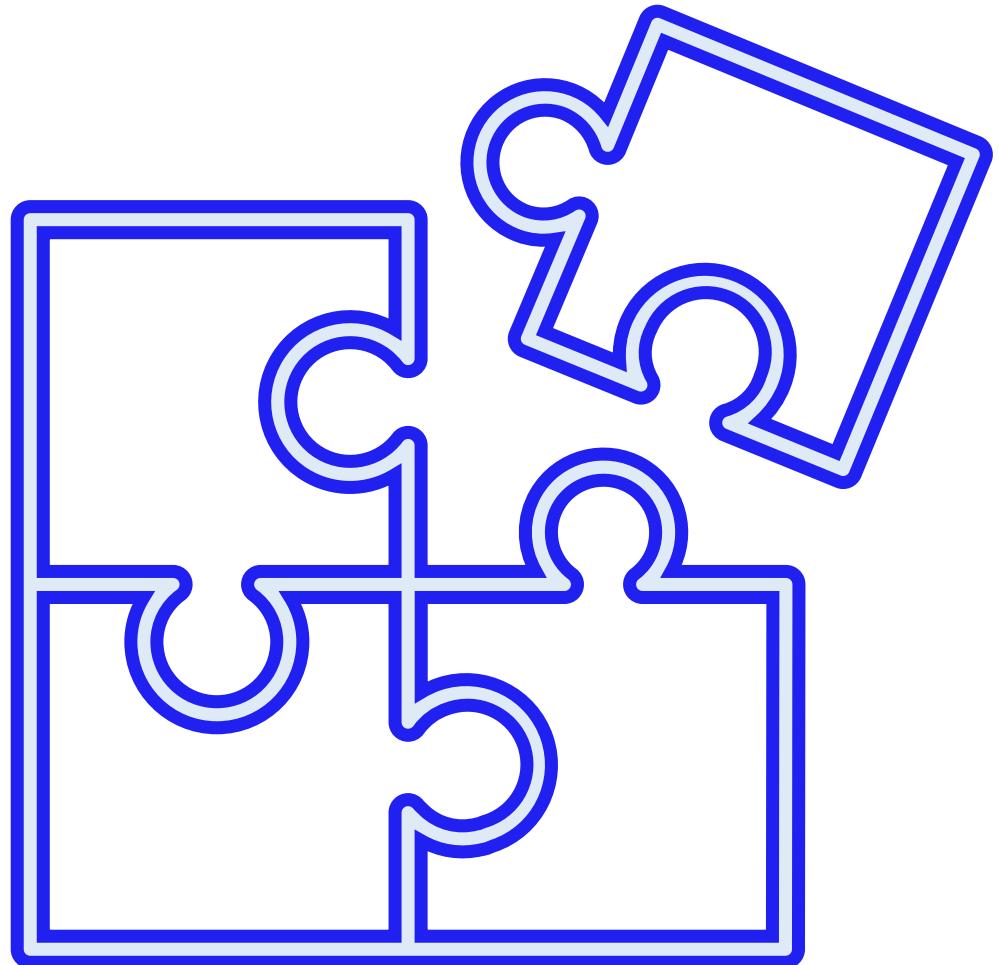
Connessione, link e interoperabilità, repository di dati



Intelligenza, riconoscimento automatico degli eventi, scenari, decisioni data-driven



Alla fine... è un puzzle



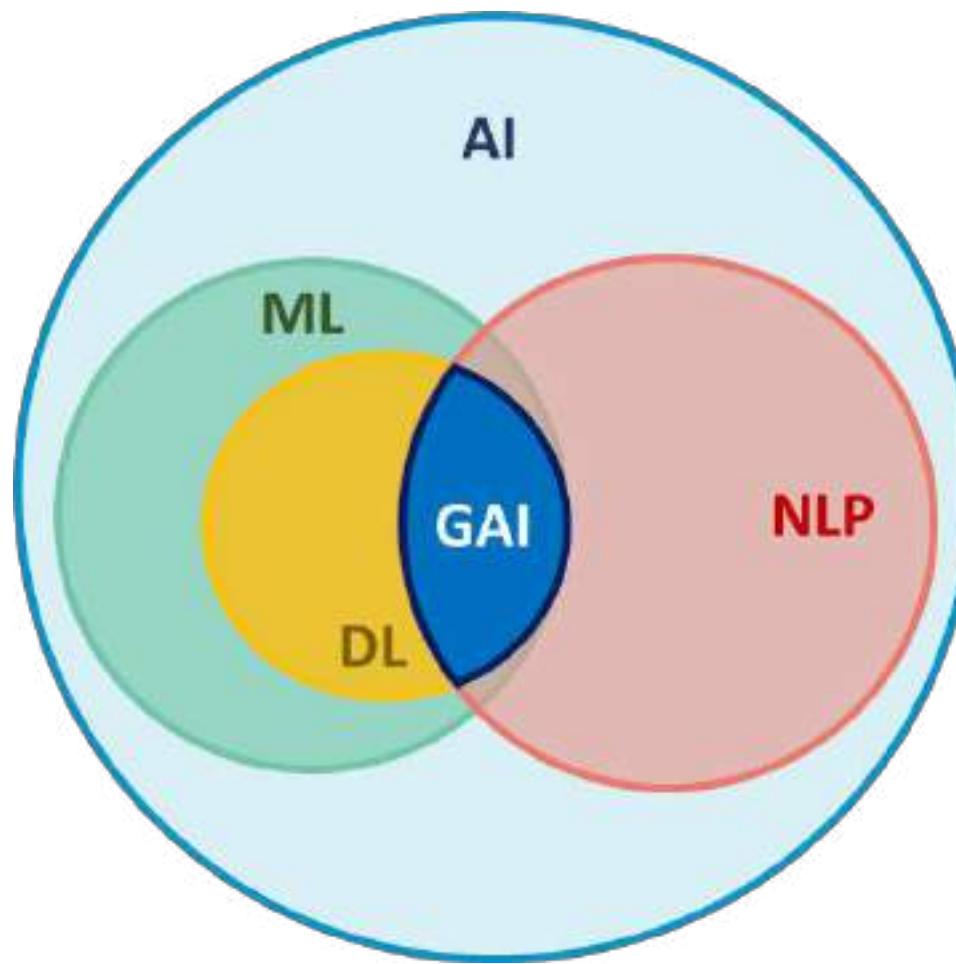
*“Another key aspect is **system integration**. Internally, we developed a communication layer that seamlessly connects all assets on our shop floor with various systems. This automation layer functions like a **jigsaw puzzle—each system effortlessly plugs in and plays**.
For example, our quality system is now integrated with our production sequencing system, which connects to the shop floor runners, human-machine interfaces, and AGVs. This interconnected network has been a major enabler for our data analytics and augmented reality initiatives. At the end of the day, **everything works together as a cohesive ecosystem**.”*

Intervista a responsabile Industry 4.0 di stabilimento Daimler Brasile per progetto di ricerca
UniUD – 2021

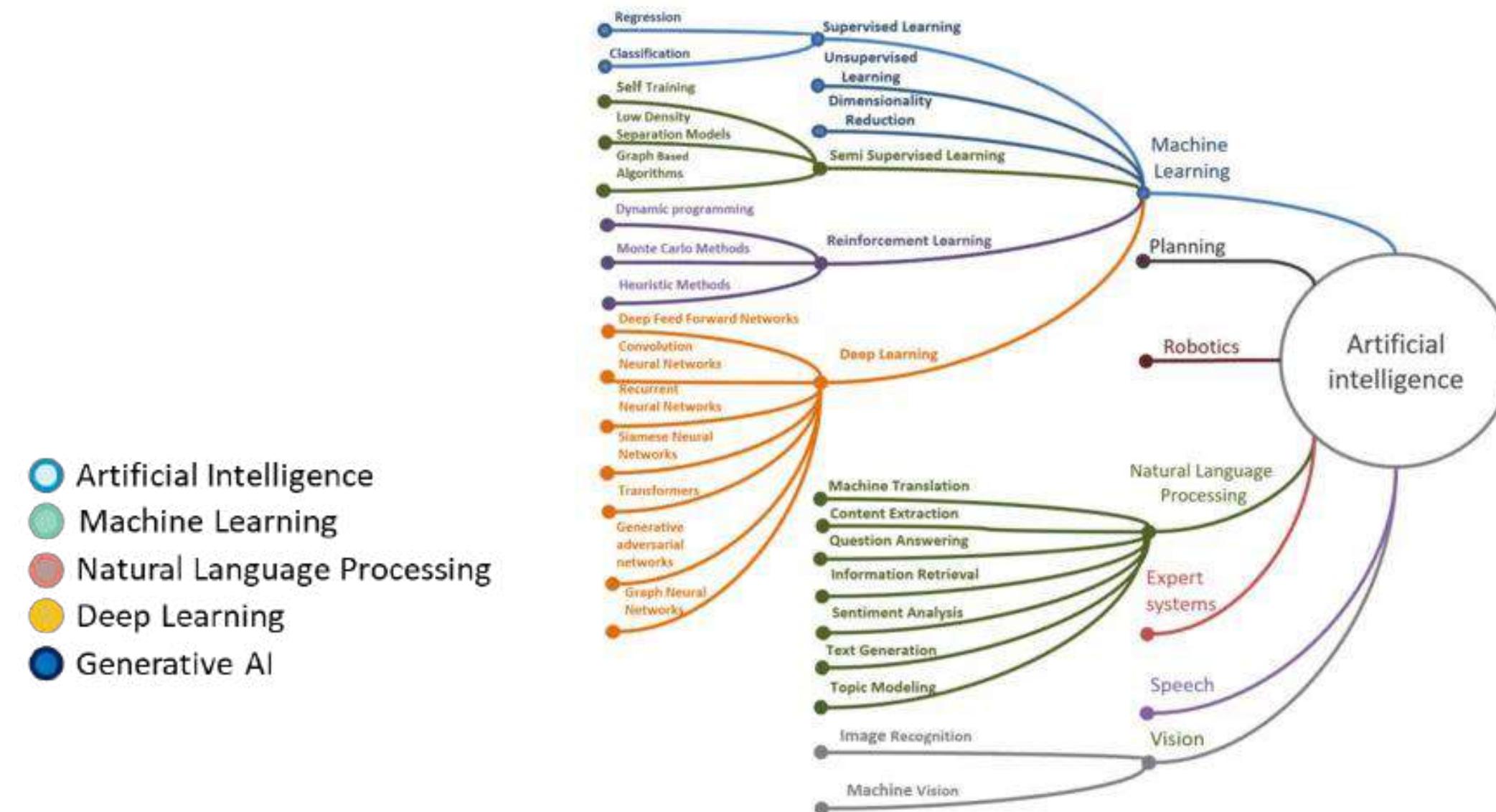
Risultati dello studio disponibili su:

Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2024). **The data sharing conundrum: revisiting established theory in the age of digital transformation**. *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(7), 1-27.

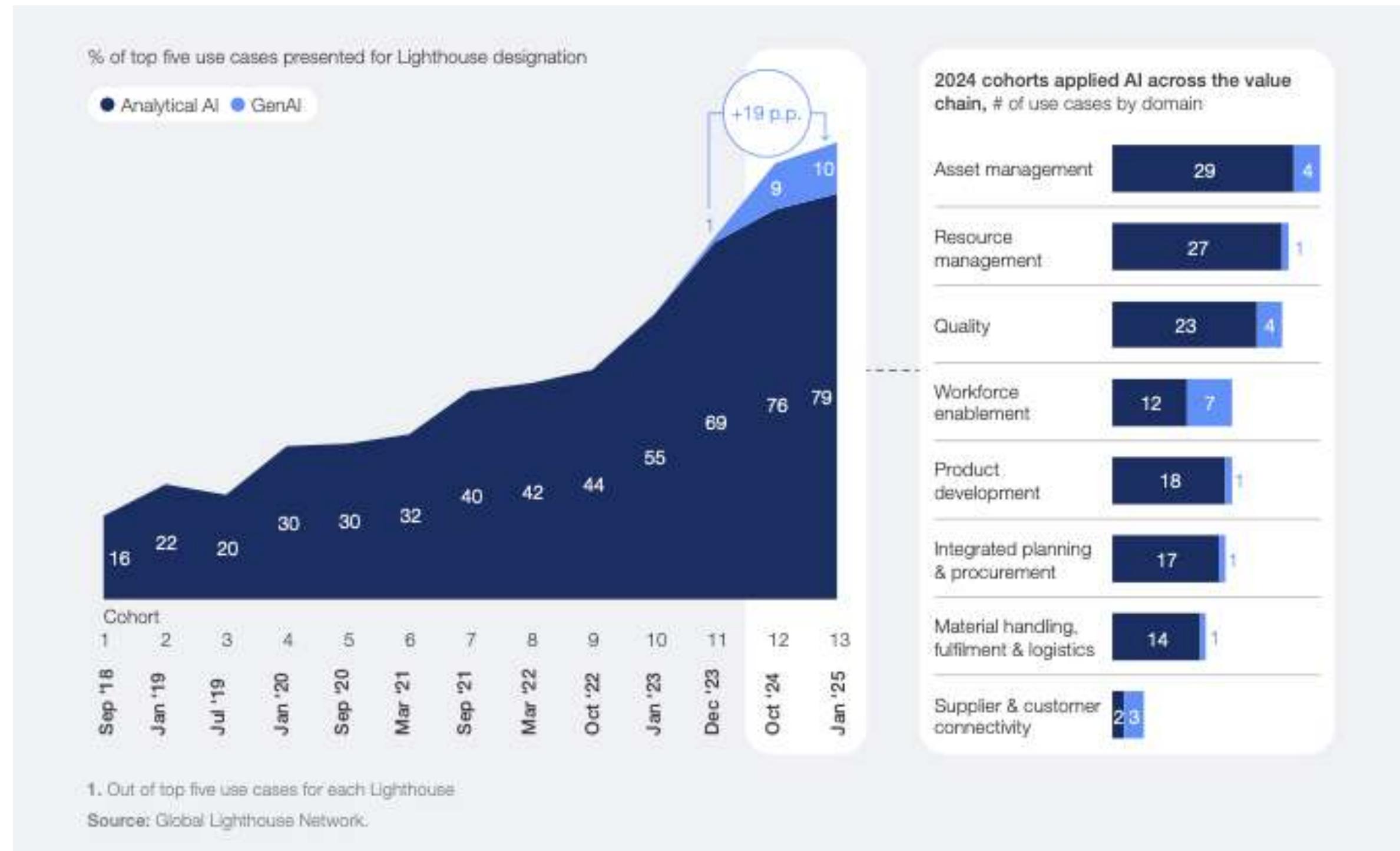
E l'intelligenza artificiale?



- Artificial Intelligence
- Machine Learning
- Natural Language Processing
- Deep Learning
- Generative AI



E l'intelligenza artificiale?



AI per il momento non porta a grandi benefici in termini di efficienza:

- **96%** C-suite executives si aspettano maggiore produttività
- **77%** dei dipendenti riporta maggiore carico di Lavoro

(Fonte: *Forbes*, Luglio 2024)

"Just five years ago, there was similar hype around IIoT and its promise of real-time connectivity. Today, mindful of the costs of connection, sites deploy IoT selectively in domains offering the highest returns – such as predictive maintenance, inventory management and asset tracking." – WEF 2025



Lavoro di gruppo: SmartTurn

Givaudan[©]



- Siete dei consulenti specializzati in Industry 4.0
- Vi viene richiesto di proporre una **roadmap** per lo stabilimento di punta di Givaudan
- Quali carte giocherete?



SmartTurn: output esempio

Prossimi 12 mesi

1-3 anni

3-5 anni

Tech

Smart sensors

Cos'è	Benefici
<ul style="list-style-type: none">• Sensori sensibili all'ambiente e alla produzione, che rileggono e trasmettono dati di fabbrica (FME).• Sistemi di riconoscimento di sensori.• Algoritmi per la produzione, riconoscenza, prevedibilità dei processi.• Controllo di produzione (ctrl), monitoraggio, controllo e feedback per controllare qualità, dimensioni, flussi.• Gestione della risorsa energetica, ambientale per ridurre pressioni e costi di produzione.• Riconoscimento dell'impiego/produzione di dati industriali per le analisi dei dati (AI, ML, Big Data, Deep Learning, etc.).	<ul style="list-style-type: none">• Monitoraggio continuo con dati aggiornati.• Dimensionamento costante e ottimale degli impianti.

Costo
Complessità

Process Historian

Cos'è	Benefici
<ul style="list-style-type: none">• Sistema software progettato per la raccolta, archiviazione e analisi dei dati provenienti da impianti industriali, macchinari e dispositivi di automazione (plc, DCS, SCADA, sensori, ecc.). Questo sistema permette di monitorare, controllare e ottimizzare i processi produttivi, consentendo di ridurre i costi operativi.• I dati sono archivati in grandi volumi (time-series, temporali), consentendo di analizzarli e apprenderne le tendenze.• Consente l'analisi rapida di dati da diversi strumenti.	<ul style="list-style-type: none">• Facilita l'analisi e la risoluzione di problemi operativi nel tempo.• Accessibilità dei dati.• Analisi razionalizzata.

Costo
Complessità

Orga

Digital leadership

Cos'è	Benefici
<ul style="list-style-type: none">• Punto iniziativa di Digital Leadership Development aiuta i manager a sviluppare competenze per integrare tecnologie avanzate e utilizzarne i poteri positivi a favore dell'innovazione.• La formazione mira allo sviluppo di competenze su tecnologie emergenti e analisi dei dati, al potenziamento delle soft skills per la gestione del cambiamento, alla creazione di una cultura aziendale orientata all'innovazione digitale.• Aiuta nell'affiancamento in progetti piloti e applicazioni di tecnologia.• Incluso un'analisi dedicata e visibile e unico manager responsabile IT e automazione industriale, sostegni e ingegneri d'azienda.	<ul style="list-style-type: none">• Consente lo sviluppo di competenze tecnologiche e capaci manageriali per guidare il cambiamento.• Supporta il Change management e cambio culturale.

Costo
Complessità

Manufacturing Execution System (MES)

Cos'è

- Sistema informatizzato progettato per **gestire e monitorare la produzione aziendale**, con l'obiettivo di ottimizzare e controllare l'intero processo produttivo.
- Principali **funzioni**: gestione degli ordini, monitoraggio degli avanzamenti in termini di quantità e tempi, gestione dei flussi di materiale verso il magazzino e integrazione diretta con i macchinari, controllo real-time del processo produttivo.
- **Connessione diretta ai dispositivi di automazione** (come PLC e SCADA), alcuni software permettono di trasmettere i dati raccolti direttamente al **sistema gestionale**.
- Soluzioni **modulari**, che permettono di personalizzare l'implementazione in base alle esigenze specifiche dell'azienda.

Alcune funzionalità di base possono essere integrate nei sistemi informativi già esistenti, mentre le piattaforme MES più avanzate sono caratterizzate da una **gestione in tempo reale** e da un **elevato grado di automazione**, offrendo così una visibilità costante e un controllo preciso sulla produzione.

Benefici

- **Visibilità** sui processi produttivi e KPI di produzione
- **Integrazione** con soluzioni IoT (macchine, tablet, wearables)
- Abilitazione di **analytics** (es. analisi causa-effetto)
- **Scalabilità** a seconda delle esigenze

Costo



Complessità



Process Historian

Cos'è

- Sistema software progettato per **raccogliere, archiviare e analizzare i dati storici provenienti da impianti industriali, macchinari e dispositivi di automazione** (come PLC, SCADA, sensori, ecc.). Questi dati riguardano parametri di processo, come temperature, pressioni, velocità, livelli, altri KPI, che vengono monitorati durante il ciclo produttivo.
- I dati sono archiviati in **grandi volumi** (time-stamped, crittografati, compressi, puliti e aggregati).
- Consente l'accesso rapido ai dati da sistemi centralizzati.

Può essere incluso nel MES.

Benefici

- Tracciabilità completa e accurata dei dati operativi nel tempo
- Accessibilità dei dati
- Analisi e reportistica

Costo



Complessità



Data Lake

Cos'è

- Architettura cloud-based di **archiviazione dati centralizzata** progettata per raccogliere, conservare e gestire grandi volumi di dati provenienti da diverse fonti all'interno dell'ambiente di produzione.
- Consente di raccogliere **dati non strutturati, semi-strutturati e strutturati**, senza la necessità di pre-processarli o di organizzarli in modo rigoroso al momento dell'acquisizione.

Una volta che i dati sono stati raccolti nel data lake, è possibile applicare **strumenti avanzati di analisi** dei dati, come l'analisi predittiva, l'analisi delle tendenze, e l'intelligenza artificiale (AI) per ottenere informazioni utili per il miglioramento dei processi produttivi. I dati possono essere integrati con altre piattaforme aziendali come Business Intelligence (BI) o strumenti di visualizzazione dei dati.

Supporta **batch processing** dei dati per analisi approfondite e predittive.

Benefici

- Disponibilità **dati a livelli diversi e tra funzioni** (no data silos)
- Archiviazione **scalabile e flessibile**
- Integrazione con **funzionalità avanzate** di analisi/visualizzazione
- Accesso a dati **non strutturati**

Costo



Complessità



IoT Platform

Cos'è

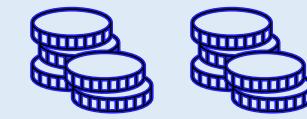
- Infrastruttura software progettata per **connettere dispositivi intelligenti a Internet**, raccogliere e analizzare dati.
- Consente il **controllo remoto** degli oggetti connessi.
- Supporta il **provisioning, l'aggiornamento del firmware e il monitoraggio** dello stato dei dispositivi IoT.
- Riceve i dati dai sensori e dispositivi connessi, li elabora in **tempo reale** o li memorizza per analisi successive.
- Fornisce strumenti di **analisi** avanzata e dashboard per interpretare i dati raccolti e generare insight utili.
- Può essere **collegata a sistemi aziendali**, applicazioni cloud e intelligenza artificiale per automatizzare processi e prendere decisioni intelligenti.

Un'IoT Platform predilige il real-time processing per il monitoraggio e il controllo immediato. Può inviare i dati raccolti a un **Data Lake** per essere conservati e analizzati nel lungo periodo.

Benefici

- **Monitoraggio** in tempo reale
- **Automazione** dei processi
- Archiviazione **scalabile e flessibile**

Costo



Complessità



Manutenzione predittiva

Cos'è

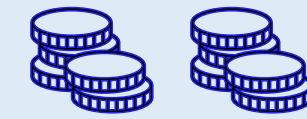
- La manutenzione predittiva è una strategia di manutenzione avanzata che si basa sull'**analisi continua delle condizioni operative**.
- I dati sono analizzati tramite **predictive analytics**, che consentono correlazioni complesse tra dati storici in modo da identificare pattern di probabilità.

Alla base di questa applicazione, ci sono la **connettività delle macchine** e l'utilizzo di **historians** e **database relazionali**. Da preferire rispetto a **condition-based maintenance**, se si necessita di una previsione accurata dei guasti e di un'ottimizzazione più avanzata (utilizzo **dati storici**, **modelli di analisi avanzati**).

Benefici

- Manutenzione eseguita **solo quando necessario**
- Aumento dell'**affidabilità**
- Estensione del **ciclo di vita** del macchinario

Costo



Complessità



Smart Quality Management System

Cos'è

- Piattaforma software che automatizza e ottimizza i processi di gestione della qualità.
- Utilizza **tecnologie avanzate** come il cloud, l'intelligenza artificiale, l'IoT e l'analisi dei dati per **migliorare il controllo** della qualità, la conformità normativa e l'efficienza operativa.
- I dati sono integrati da **sistemi di ispezione automatici** e dotazioni di laboratorio.
- Facilita **l'analisi della cause** di difetti e guasti.

Si integra con il **sistema gestionale** (ERP) per una visibilità real-time. Rende possibile la gestione della qualità end-to-end se integrata con i sistemi dei fornitori.

Benefici

- **Visibilità** end-to-end / real-time
- **Automazione** processi di qualità
- Possibile applicazione di **analytics avanzati**
- Gestione della qualità **in-line**

Costo



Complessità



Robot autonomi (AMR)

Cos'è

- Possono **muoversi in un ambiente non controllato** senza il bisogno di guide fisiche o elettromagnetiche, identificando ostacoli e muovendosi attorno
- Si **connettono e operano** con altri device (es. muletti), possono ricevere **ordini direttamente da dispositivi portatili** (es. smartphone).

Hanno maggiore **versatilità** rispetto a LGV e AGV. Possono essere **integrati con co-bots** (robot collaborativi) per l'esecuzione di diversi task (oltre la movimentazione).

Benefici

- **Flessibilità** nella produzione e nella modifica del workflow
- Semplice **installazione**
- Possono essere **condivisi** tra linee produttive
- Opportunità per il personale di **collaborare e interagire in modo sicuro**

Costo



Complessità



Soft robotics

Cos'è

- Robot **flessibili e morbidi**, ispirati ai movimenti e alle strutture biologiche di esseri viventi come polpi, vermi e mani umane.
- Sono costituiti da **materiali deformabili e flessibili**, come silicone, elastomeri, polimeri e tessuti intelligenti.
- Funzionano con **attuatori pneumatici, idraulici o materiali elettroattivi**.

Sono caratterizzati da movimenti più naturali e sicuri rispetto ai robot rigidi tradizionali. Ideali per interagire con esseri umani senza rischi di incidenti.

Benefici

- Assemblaggi **precisi e sicuri**
- Interazione sicura con **operatori umani**

Costo



Complessità



Assistenti digitali

Cos'è

- Sistema basato su intelligenza artificiale (AI) per supportare operatori, tecnici e manager nella gestione di impianti produttivi.
- Può essere un **chatbot**, un'interfaccia vocale o un sistema integrato con **dispositivi smart**, migliorando efficienza, sicurezza e automazione.
- Risponde a **comandi vocali o testuali**, facilitando l'uso per gli operatori.
- Può avviare procedure, regolare parametri o inviare report automatici.

Quando un sensore rileva un'anomalia, l'assistente avvisa immediatamente il tecnico via smart speaker o app, suggerisce la causa probabile e la soluzione. Se necessario, ordina automaticamente il pezzo di ricambio. I responsabili possono anche gestire impianti a distanza tramite app o comandi vocali.

Benefici

- **Integrazione uomo-macchina**
- **Augmentation** delle conoscenze e delle skills dei responsabili e degli operatori

Costo



Complessità



Virtual reality training

Cos'è

- Metodo di formazione basato su **realità virtuale (VR)** che permette agli operatori di simulare ambienti di lavoro realistici.
- L'operatore indossa un **visore VR** per entrare in una fabbrica virtuale, usa controller o guanti sensorizzati per simulare movimenti reali, simula macchinari specifici, emergenze o processi produttivi.
- Il **sistema valuta errori e prestazioni**, suggerendo miglioramenti.

Integrato con IoT e AI può **simulare scenari basati su dati reali**.

Benefici

- Nessun **bisogno di utilizzare le linee di produzione** per scopi di formazione
- Maggiore il **coinvolgimento ed efficacia della formazione**
- Riduzione dei **tempi di formazione**

Costo



Complessità



Condition-based maintenance

Cos'è

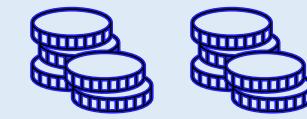
- Manutenzione predittiva che prevede l'intervento solo quando le condizioni operative di un macchinario o di un impianto indicano un **deterioramento o un'anomalia**.
- A differenza della manutenzione preventiva, che si basa su intervalli di tempo prestabiliti, la CBM utilizza **dati in tempo reale** per determinare il momento ottimale per la manutenzione.
- Gli **algoritmi/intelligenza artificiale** analizzano i dati per identificare segni di deterioramento.

Soluzione deve essere adottata con **sensori e dispositivi IoT** per rilevare parametri critici come temperatura, vibrazioni, pressione e usura. La CBM è un'ottima soluzione per chi vuole ridurre guasti e costi **senza la complessità della manutenzione predittiva**.

Benefici

- Manutenzione eseguita **solo quando necessario**
- Aumento dell'**affidabilità**
- Estensione del **ciclo di vita** del macchinario

Costo



Complessità



Product Lifecycle Management System

Cos'è

- Information management system che **integra dati, processi e sistemi per consentire l'organizzazione dell'informazione** attraverso l'intero ciclo di vita di prodotto (concept, design, manufacturing, service e disposal)

Non può essere adottato come sistema standalone, ma deve essere **integrato in sistemi come il MES e l'ERP** per facilitare il trasferimento dati attraverso aree funzionali (engineering, reparti produttivi, service). Grazie a tecnologie avanzate come IoT, AI e Cloud, un sistema PLM moderno consente di centralizzare dati, integrare processi aziendali e favorire l'innovazione lungo tutto il ciclo di vita del prodotto.

Benefici

- Consente una maggiore **adattabilità** a cambiamenti nella domanda
- Abilita una maggiore **comprendione** delle esigenze del cliente
- Consente **standardizzazione e tracciabilità**
- Facilita l'**interazione** tra funzioni

Costo



Complessità



Smart sensors

Cos'è

- Sensori wireless/IoT che permettono di raccogliere, analizzare e trasmettere **dati in tempo reale**
- Diverse tipologie di sensori:
 - **Macchina** (vibrazione, temperatura, pressione) per rilevare anomalie nel funzionamento
 - **Controllo di produzione** (ottici, posizionamento, portata e livello) per controllo qualità, precisione, fluidi e materiali di consumo
 - **Sostenibilità** (consumo energetico, ambientali) per controllo consumi e condizioni ambientali

Richiedono l'implementazione di **reti industriali** per lo scambio dati (IoT, 5G, Edge computing, cloud).

Benefici

- Abilitano **analisi** basate su dati oggettivi
- Consentano controllo e analisi in **tempo reale**

Costo



Complessità



Condition monitoring system

Cos'è

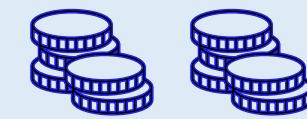
- Sistema avanzato per il **monitoraggio continuo delle condizioni operative** di macchine e impianti industriali.
- Sistemi di sensori raccolgono diversi dati macchina e li **trasferiscono a software di analisi**
- Esempi di analisi riguardano lubrificazione, corrosione, calibrazione, vibrazione.
- Si basano su **processi standard** per i fermi macchina utilizzando timestamp automatici e set di cause preimpostate.

Elemento base per lo sviluppo di nuovi approcci manutentivi. Gli approcci possono essere **diversificati a seconda delle criticità delle macchine** (es. raccolta dati periodica tramite dispositivi portatili vs. collegamento 24/7 per macchinari critici)

Benefici

- Automatizza **ispezioni** manuale e reporting
- Favorisce la **visibilità** all'interno dello stabilimento
- Ottimizza **attività manutentive** e relativo **magazzino**
- Abilita una più **veloce** identificazione/risoluzione dei guasti

Costo



Complessità



Advanced process control

Cos'è

- Tecnologia avanzata di **controllo dei processi industriali** che utilizza modelli matematici, intelligenza artificiale (AI) e algoritmi predittivi.
- A partire dalla raccolta dati di parametri di produzione (temperatura, portata, qualità, energia), algoritmi AI/machine learning creano modelli predittivi del sistema.
- Il sistema simula scenari futuri (**digital twin**) e suggerisce modifiche ai parametri operativi, regolando in tempo reale i set-point delle macchine.
- Il modello viene **aggiornato continuamente** in base ai dati acquisiti.

L'APC supera i tradizionali controlli PID (Proporzionale-Integrale-Derivativo) utilizzando **dati in tempo reale** e previsioni per stabilizzare il processo, migliorare l'efficienza e ridurre gli sprechi.

Benefici

- Automatizza diverse attività di raccolta dati e settaggio macchina
- Assicura **approcci data-driven** nella gestione della produzione
- Ottimizza **risorse/energia**
- Non richiede particolari **training** per l'operatore
- Migliora la **gestione dei processi** e il controllo (es. di reazioni chimiche)

Costo



Complessità



Palletizzatore integrato per fine linea

Cos'è

- **Sistema automatizzato** progettato per impilare e organizzare prodotti o confezioni su pallet alla fine del processo produttivo.
- **Integrato** con il resto della linea di produzione.
- Il palletizzatore **raccoglie i prodotti dal nastro trasportatore**, li orienta e li impila in strati per garantire stabilità. Può applicare protezioni come interfalde o film estensibile per fissare il carico. Infine, il pallet completo viene trasferito automaticamente all'area di spedizione o stoccaggio.

Può essere **connesso a diversi sistemi Industry 4.0** (es. Smart sensor per monitoraggio in tempo reale, MES per sincronizzazione con produzione/logistica, soft robots per interazione sicura con esseri umani).

Benefici

- Automatizza processi prima svolti manualmente
- Elimina i **rischi legati** alla movimentazione manuale di carichi pesanti
- Ottimizza lo **spazio** e la logistica
- Garantisce alta **affidabilità** e **flessibilità**

Costo



Complessità



Receipe management system

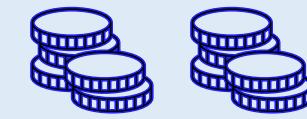
Cos'è

- **Software** utilizzato nelle industrie manifatturiere per creare, gestire e ottimizzare ricette di produzione
- Il sistema definisce **parametri** come ingredienti, dosaggi, tempi di processo e condizioni operative.
Può essere integrato con sistemi di controllo (PLC, SCADA, MES) per regolare automaticamente i parametri.

Benefici

- Garantisce **standardizzazione**, qualità e tracciabilità
- **Automatizza** l'esecuzione regolando i parametri
- Consente l'**analisi dei dati** per obiettivi di efficienza e qualità
- Gestisce **varianti** e versioni
- Garantisce la **tracciabilità**

Costo



Complessità



Industrial cybersecurity platform

Cos'è

- Soluzione tecnologica progettata per proteggere le infrastrutture critiche industriali da minacce informatiche
- Include strumenti per la valutazione continua dei rischi e per la pianificazione di **azioni preventive**.
- Ha **funzionalità di risposta automatica** a minacce, riducendo il tempo di reazione e il rischio di danni.

Sono soluzioni specificamente progettate per difendere impianti di produzione, macchinari industriali, sistemi di automazione e controllo (come PLC, SCADA, DCS) da attacchi esterni, malware, e vulnerabilità interne. Ha la capacità di monitorare e proteggere anche i dispositivi **IoT industriali** che sono connessi alla rete aziendale.

Benefici

- Garantisce il **mantenimento della sicurezza operativa** senza compromettere la **continuità** della produzione
- Assicura la compliance normativa (NIST, ISO 27001)

Costo



Complessità



Robot integrati per pick and place

Cos'è

- Sistemi automatizzati utilizzati nelle linee di produzione per prelevare (pick) e posizionare (place) oggetti o prodotti con alta precisione e velocità
- Progettati per eseguire compiti di manipolazione e trasporto di articoli **tra diverse postazioni**, come tra nastri trasportatori, aree di stoccaggio o macchine.
- Il robot preleva un oggetto da una postazione, lo trasporta con **movimenti precisi** grazie a algoritmi di controllo e visione artificiale, e lo posiziona nella destinazione finale, come un altro nastro o un contenitore.

Sono **integrati con sistemi di automazione e controllo** (PLC, SCADA) per ottimizzare il flusso di lavoro.

Benefici

- Garantiscono velocità e precisione
- Operano senza interruzioni, riducendo i tempi di fermi macchina
- Automatizzano attività manuali pesanti, minimizzando il rischio di infortuni
- Sono flessibili e possono essere facilmente riprogrammati

Costo



Complessità



Sistema di dosaggio automatizzato

Cos'è

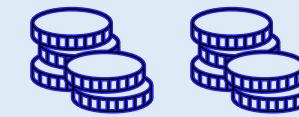
- Soluzione tecnologica utilizzata per **misurare e distribuire in modo preciso** e controllato quantità di materiali o sostanze, come liquidi, polveri, o componenti.
- Il sistema carica il materiale, lo **monitora in tempo reale** tramite sensori avanzati, lo distribuisce automaticamente alla destinazione desiderata e **regola i parametri** per garantire precisione nel dosaggio.

Il sistema è **integrato** con sensori, attuatori e software di controllo che ne permettono il funzionamento autonomo.

Benefici

- Automatizza attività manuali
- Garantisce **precisione** nel dosaggio
- Consente di ridurre i costi di **fermo** e velocizza il processo
- Garantisce maggiore **conformità** alle normative di qualità

Costo



Complessità



Vision picking system

Cos'è

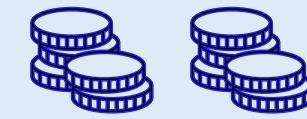
- Tecnologia avanzata che utilizza **sistemi di visione artificiale** (telecamere, sensori, algoritmi di computer vision) per identificare, localizzare e prelevare oggetti in modo autonomo durante il processo di picking (prelievo) in un ambiente di magazzino o di produzione.
- Sistema è progettato per **automatizzare** il prelievo di prodotti in base alla loro posizione, dimensione e orientamento.
- Il sistema di visione acquisisce immagini **in tempo reale**, le analizza per identificare e localizzare con precisione l'oggetto, e un braccio robotico lo preleva e lo posiziona nella destinazione desiderata.

Può essere **integrato con robot**, trasportatori e sistemi di gestione del magazzino per ottimizzare il flusso di lavoro.

Benefici

- Automatizza attività manuali
- Garantisce **adattabilità** in ambienti complessi e dinamici
- Riduce **errori umani**
- Garantisce **velocità** ed efficienza

Costo



Complessità



Forklift sensory system

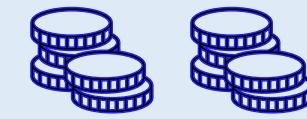
Cos'è

- Un **sistema sensoriale per carrello elevatore** è una tecnologia integrata che utilizza una serie di sensori (come sensori di distanza, telecamere, radar, e lidar) per migliorare la sicurezza, l'efficienza e l'operatività dei carrelli elevatori all'interno di ambienti di lavoro industriali e magazzini.
- Fornisce al carrello elevatore **una percezione avanzata dell'ambiente circostante**, consentendo di rilevare ostacoli, monitorare la posizione e migliorare il controllo dei movimenti durante il sollevamento e lo spostamento di carichi.
- Rileva ostacoli, monitora la posizione e l'inclinazione del carico, fornisce assistenza al conducente con avvisi e **controlla costantemente lo stato del carico**.
-

Benefici

- Migliora la **sicurezza** e la **precisione** nelle operazioni
- Aumenta la **efficienza** delle operazioni
- Supporta l'automazione

Costo



Complessità



Sistema di data streaming

Cos'è

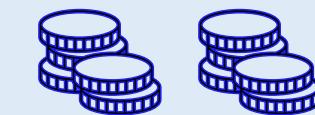
- Soluzione tecnologica che consente la **trasmissione in tempo reale di grandi volumi** di dati all'interno di un'azienda.
- Questi dati vengono continuamente generati da diverse fonti aziendali, come macchine, dispositivi IoT, applicazioni, sensori, e altre fonti di dati.
- Questi dati vengono **trasmessi in modo continuo** a piattaforme di streaming sicure come Apache Kafka o AWS Kinesis.
- I dati vengono **elaborati in tempo reale** tramite tecnologie di stream processing.
- I dati elaborati **vengono archiviati su piattaforme cloud o locali** per ulteriori analisi.

Infine, il sistema può attivare azioni automatiche per rispondere rapidamente a eventi o situazioni aziendali. Mentre una IoT platform gestisce principalmente dispositivi e sensori, un sistema di data streaming aziendale è pensato per l'elaborazione e la gestione dei flussi di dati provenienti da molteplici fonti aziendali in tempo reale.

Benefici

- Garantisce elevata **scalabilità** delle soluzioni
- Consente di acquisire e trasmettere dati **istantaneamente**, per garantire decisioni basate su informazioni aggiornate.
- I dati vengono trasmessi e archiviati in modo **sicuro**, utilizzando protocolli di sicurezza per proteggere le informazioni sensibili.

Costo



Complessità



Stampanti 3D in manutenzione

Cos'è

- Tecnologia che utilizza **la stampa tridimensionale** per produrre pezzi di ricambio, componenti o strumenti necessari per la riparazione e la manutenzione di macchinari e impianti industriali.
- Il processo di stampa 3D per manutenzione inizia con la progettazione digitale del pezzo da sostituire, ottenuta tramite **scansione 3D o disegno CAD**. Il modello viene poi stampato strato per strato utilizzando materiali adatti come plastica o metallo. Infine, il pezzo stampato viene testato e installato per sostituire o riparare il componente danneggiato.

Benefici

- Consente alle aziende di **produrre in loco** parti specifiche e personalizzate senza dover ricorrere a fornitori esterni o a lunghi tempi di attesa
- Garantisce **velocità**, costi e personalizzazione
- Riduce i **costi di magazzino** relativi ai pezzi di ricambio

Costo



Complessità



Digital literacy training

Cos'è

- **Programma formativo** progettato per migliorare le competenze digitali di individui o gruppi, aiutandoli a utilizzare in modo efficace strumenti e tecnologie digitali.
- Favorisce **l'adozione e utilizzo** di tecnologie avanzate come Industry 4.0, IoT e automazione industriale.
- Comprende **contenuti** quali: alfabetizzazione digitale di base, software e strumenti per la produzione (e.g., MES, ERP, approcci manutentivi), automazione digitale e IoT, comunicazione e collaborazione digitale, sicurezza informatica e protezione dati.

Viene erogato in sessioni teoriche e pratiche, adattando i contenuti a ruolo e funzione.

Benefici

- Aumenta la **capacità** di operatori e supervisori di ricavare insights dai dati
- Facilita l'individuazione di opzioni per l'automazione
- Aumenta la **sicurezza** informativa

Costo



Complessità



Esperti digitali

Cos'è

- **Piano di assunzioni** mirato all'integrazione di figure esperte in **data science, ingegneria dei dati e tecnologie digitali**.
- Il piano potrebbe comprendere:
 - 2-3 **data scientists**, con compiti principali di sviluppo di modelli di machine learning per l'ottimizzazione dei processi produttivi, analisi predittiva su dati di produzione/manutenzione/qualità
 - 2-3 **data engineers** per la creazione di pipeline di dati per raccogliere e processare dati in tempo reale, gestendo database, sistemi IoT, architetture cloud e on-premise
 - 2 **digital manufacturing engineers** per lo sviluppo di soluzioni di monitoraggio intelligente delle linee produttive (digital twin, integrazione MES)
 - 1-2 **cybersecurity specialist** per garantire la protezione dati aziendali

Il team inoltre gestirà **collaborazioni** con service provider esterni.

Benefici

- Soluzioni personalizzate alle esigenze dell'azienda
- Riduce **dipendenza** da service provider esterni
- Aumenta la velocità nello sviluppo delle soluzioni

Costo



Complessità



Digital leadership

Cos'è

- Piano strutturato di **Digital Leadership Development** aiuta i manager a sviluppare competenze per integrare tecnologie avanzate, ottimizzare i processi produttivi e favorire l'innovazione.
- La formazione mira allo sviluppo di **competenze su tecnologie emergenti** e analisi dei dati, al potenziamento delle **soft skills** per la gestione del cambiamento, alla creazione di una **cultura aziendale** orientata all'innovazione digitale.
- Include l'affiancamento in **progetti pilota** e applicazioni pratiche.

Iniziativa dedicata a middle e senior manager, responsabili IT e automazione industriale, supervisori e ingegneri di produzione.

Benefici

- Consente lo sviluppo di **competenze** tecnologiche e capacità manageriali per guidare il cambiamento
- Supporta il **change management** e cambio culturale

Costo



Complessità



Agile project management

Cos'è

- Creazione di un team di **Agile Project Management** per guidare il percorso di trasformazione digitale con un **approccio flessibile, iterativo e focalizzato sul valore**.
- Formazione del personale chiave sui **principi di Agile Project Management e sulle metodologie Scrum, Kanban e Lean**.
- Creazione **struttura agile** su misura per l'azienda
- Sviluppo di **strumenti e framework**

Favorisce approcci per sperimentare soluzioni innovative con cicli iterativi.

Benefici

- Permette di ridurre i **rischi**, migliorare l'**adattabilità** e accelerare l'**innovazione** nei processi produttivi e digitali
- Favorisce la **collaborazione** tra IT, produzione e operations

Costo



Complessità



Organizational design IT/OT

Cos'è

- Creazione di una **struttura organizzativa integrata IT/OT**
- Definizione ruoli dedicati, tra cui:
 - **Chief Information Officer (CIO)** e **Chief Operations Officer (COO)**: i due responsabili aziendali principali collaborano per garantire la sinergia tra IT e OT.
 - **Chief Digital Officer (CDO)**: Guida l'intera trasformazione digitale
 - **IT/OT Manager**: Responsabile per l'integrazione quotidiana e la gestione operativa
- Creazione di **team operativi misti tra IT e OT** (es. per progettazione e sviluppo e manutenzione e supporto).

Benefici

- Garantisce che entrambe le aree lavorino con **obiettivi comuni e condivisi**, pur mantenendo le rispettive competenze specialistiche
- Riduce i **rischi** connessi all'implementazione di nuove tecnologie
- Aiuta a ridurre i silos aziendali e facilita l'**innovazione**

Costo



Complessità



Standardizzazione processi

Cos'è

- Revisionare e standardizzare i processi aziendali per ottimizzare le operazioni esistenti, ridurre i costi, migliorare l'efficienza e preparare l'organizzazione a integrare nuove tecnologie come IoT, AI, Big Data, e automazione.
- Le attività consistono in:
 - Mappatura dei processi esistenti
 - Analisi dettagliata e identificazione delle aree di miglioramento
 - Standardizzazione (definizione standard operativi, documentazione, strumenti digitali a supporto, test)
 - Integrazione tecnologie digitali
 - Formazione
 - Introduzione, monitoraggio, miglioramento

Il processo può avvenire in parallelo all'introduzione di tecnologie digitali.

Benefici

- Adatta dei processi alle esigenze/opportunità della digitalizzazione
- Introduce **coerenza e qualità** in tutte le fasi operative

Costo



Complessità



Industry 4.0 PMS

Cos'è

- **Performance measurement system** per la misurazione, l'analisi e il miglioramento delle prestazioni aziendali in un ambiente manifatturiero digitalizzato.
- **Benchmarking** con altre aziende manifatturiere per l'identificazione di best practice e aree di miglioramento
- **Identificazione KPI** multilivello (individuo, reparto, plant) per la misurazione dello stato di avanzamento dei progetti e delle performance ottenute

Da sviluppare con il supporto di **consulenti esterni**. Di solito prevede la realizzazione di un masterplan di trasformazione digitale che indichi priorità strategiche, obiettivi e azioni chiave.

Benefici

- Definisce chiaramente **aspettative** di performance
- Consente una valutazione **indipendente**
- Sviluppa una **cultura di miglioramento continuo**
- Identifica **aree di miglioramento**

Costo



Complessità



Partnership strategy

Cos'è

- Sviluppo di una **strategia di partnership** per l'adozione di soluzione Industry 4.0
- Definizione degli obiettivi e identificazione dei partner tra **fornitori di tecnologia, centri di ricerca e università**, partner di consulenza e **system integrator**, start-up digitali
- Definizione di accordi e struttura di governance
Temi chiave sono l'**appropriabilità dell'innovazione** e la gestione di eventuali **dipendenze esterne**.

Benefici

- **Accelera** l'adozione delle tecnologie
- Riduce i **rischi** collegati all'implementazione tecnologica

Costo



Complessità





SmartTurn: key learnings

- Come avete prioritizzato gli **interventi tecnologici**? Quali criteri avete usato?
- Come avete prioritizzato gli **interventi organizzativi**? Quali criteri avete usato?
- Anche in base alla vostra esperienza, quali sono i **do's and don'ts** di Industry 4.0 nelle operations?

Alcuni esempi italiani: Osservatorio SMACT

SMACT

Progetti di ricerca e innovazione realizzati

SMACT offre supporto alle imprese mettendo a disposizione le nostre tecniche, il capitale umano e il network di ricerca pubblica e imprese che compongono lo **SMACT Innovation Ecosystem**. Con l'esperienza maturata attraverso gli oltre 30 progetti già sviluppati e conclusi, SMACT è pronta ad accompagnare sempre nuove imprese verso la transizione digitale.

≡

[TECNOLOGIE ABILITANTI](#)

BLOCKCHAIN landing page SMACT dissemination (2).jpg

ARTIFICIALE PER LA DIGITALIZZAZIONE DEL SETTORE CALZATIERO

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: Blockchain, Digital Twin, NFT

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

SOSTENIBILITÀ E L'EFFICIENZA DELLE STUFE A PELLET

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: AI, Machine Learning, Big data

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

INTELLIGENZA ARTIFICIALE E SENSORISTICA AVANZATA PER LA RIGENERAZIONE DEGLI EDIFICI PRODUTTIVI

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: Intelligenza Artificiale, Internet of Things (IoT)

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

DIGITAL TWIN PER IL RISPARMIO ENERGETICO E LA RIDUZIONE DEGLI SCARTI DI PRODUZIONE

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: Digital Twin, Tech for sustainability

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

L'AI CHE MONITORA LE PRESTAZIONI ENERGETICHE E AIUTA A RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: AI, Cloud, Sustainability

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

MANUTENZIONE PREDITTIVA DEGLI UTENSILI DI LAVORAZIONE

AZIENDA COINVOLTA:

TECNOLOGIE ABILITANTI: Cloud, IoT, Big Data, AI, Simulation

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)

SISTEMA DI GESTIONE MOTORE IBRIDO

AZIENDA COINVOLTA:

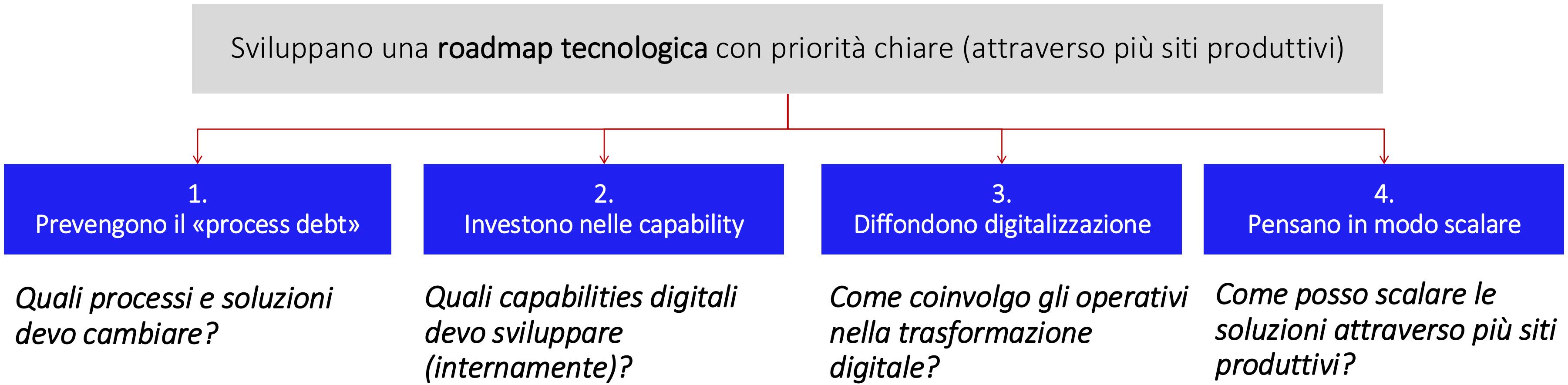
TECNOLOGIE ABILITANTI: Cloud, IoT, Big Data, AI, Simulation, Sustainability

COMPETENZE COINVOLTE:

[PER SAPERNE DI PIÙ >](#)



Do's and don'ts: le aziende più avanzate



1. Process debt: la «tassa» sull'inefficienza

- **«Technical debt» - Chief Information Officer (CIO)**

Si accumula quando, nel tempo, vengono implementate diverse soluzioni scollegate tra loro. Questo porta a un aumento dei costi necessari per correggerle e integrarle in un sistema più coeso. Alla lunga, si rende necessario pagare una sorta di “tassa” per migliorare le prestazioni complessive del sistema, un ostacolo costoso che può limitare la scalabilità delle iniziative aziendali.

- **«Process debt» - Chief Operating Officer (COO)**

Il vero valore di una nuova tecnologia non risiede solo nella tecnologia stessa, ma nei miglioramenti dei processi che essa può abilitare. Per questo motivo, esistono massime come: "*Non automatizzare un processo inefficiente*" o "*Non ottimizzare ciò che non dovrebbe esistere*".

Quando nuove tecnologie vengono implementate senza adeguati cambiamenti nei processi, si accumula debito di processo.

1. Process debt: esempio



Fonte: WEF Global Lighthouse Network

1. Process debt: Ripensare attività/flussi dati

Human-to-Human



- **Riunioni improduttive:** Assistente digitale basato su GenAI per il passaggio di consegne nei turni, ottimizzato per risolvere le problematiche di produzione.
- **Task-skill mismatch:** "Smart Andon" basato su IoT, integrato con matrici di competenze per la riallocazione automatizzata dei compiti.

Human-to-Machine



- **Inefficienze:** Apprendimento automatico non supervisionato per l'allocazione della forza lavoro sulla linea, basato su esperienza, competenze, compatibilità di gruppo, dati demografici e altri parametri (es. anzianità, competenze tecniche).

Machine-to-Machine



- **Errori trasferimento dati:** Federated knowledge graph per l'analisi dei dati distribuiti tra sistemi frammentati e laboratori globali, facilitando la diagnosi rapida dei difetti.
- **Ritardi di sincronizzazione:** Algoritmo genetico per sincronizzare lo stato delle postazioni di lavoro con i compiti e i percorsi degli AGV.



2. Capabilities: il giusto mix

- **La trasformazione digitale richiede skills che sono rare sul mercato**

Trovare competenze tecniche digitali per l'Industria 4.0 rappresenta una sfida critica per le aziende manifatturiere, a causa della rapida evoluzione delle tecnologie e della carenza di professionisti qualificati. Tecnologie come intelligenza artificiale, IoT, robotica avanzata e cybersecurity richiedono competenze specialistiche difficili da reperire nel mercato del lavoro.

- **Necessario sviluppare strategie di collaborazione**

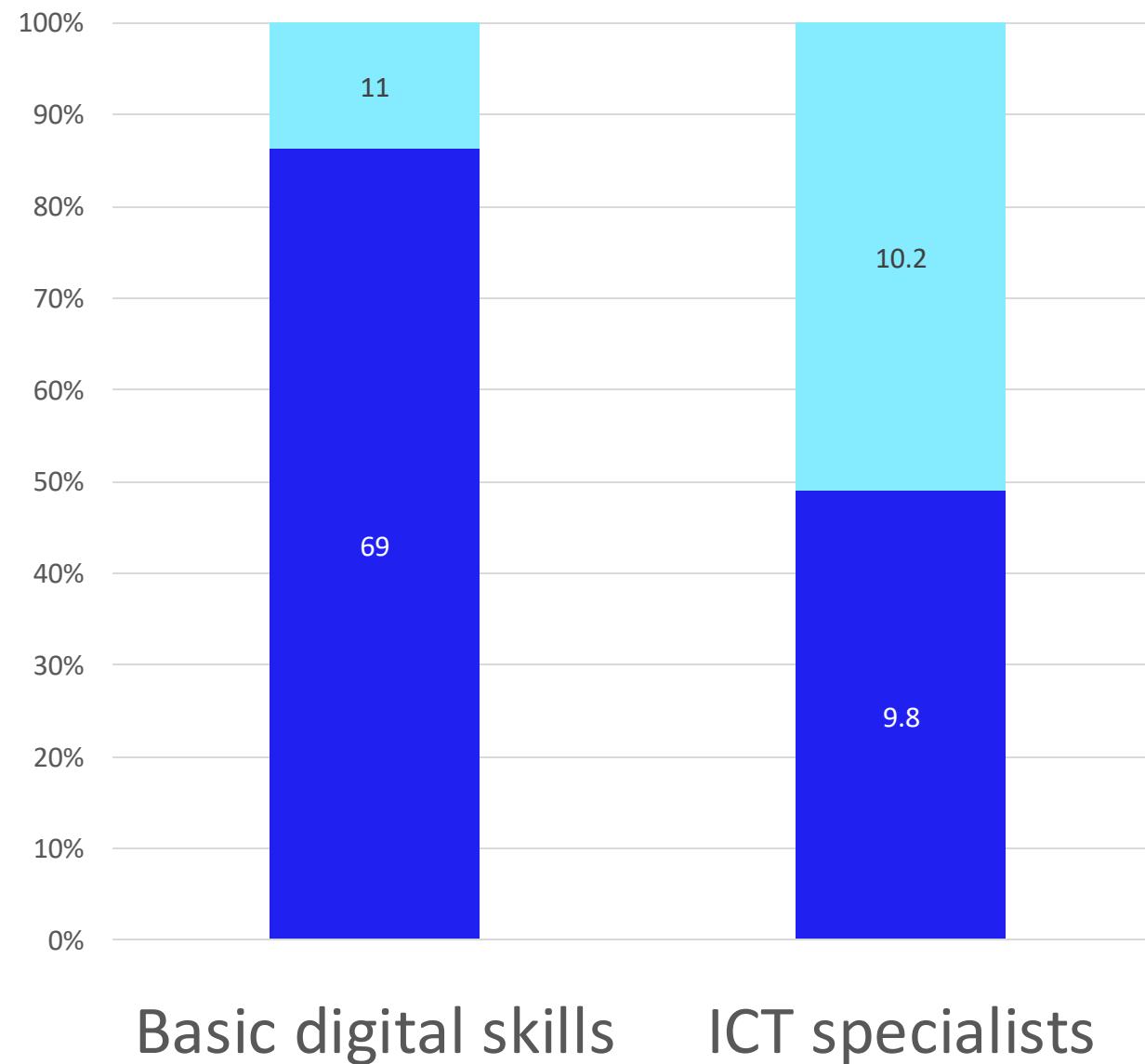
Lo sviluppo di strategie di collaborazione ecosistemica per le aziende manifatturiere è fondamentale per affrontare le sfide della trasformazione digitale e dell'Industria 4.0. Un approccio ecosistemico prevede la creazione di reti di partner, tra cui fornitori, startup, università, centri di ricerca e altre imprese, per condividere risorse, competenze e innovazioni.

I temi sono: co-sviluppo di soluzioni, piattaforme digitali condivise, formazione e upskilling congiunti.



2. Capabilities: esempio

Digital skills in Europa



Target 2030

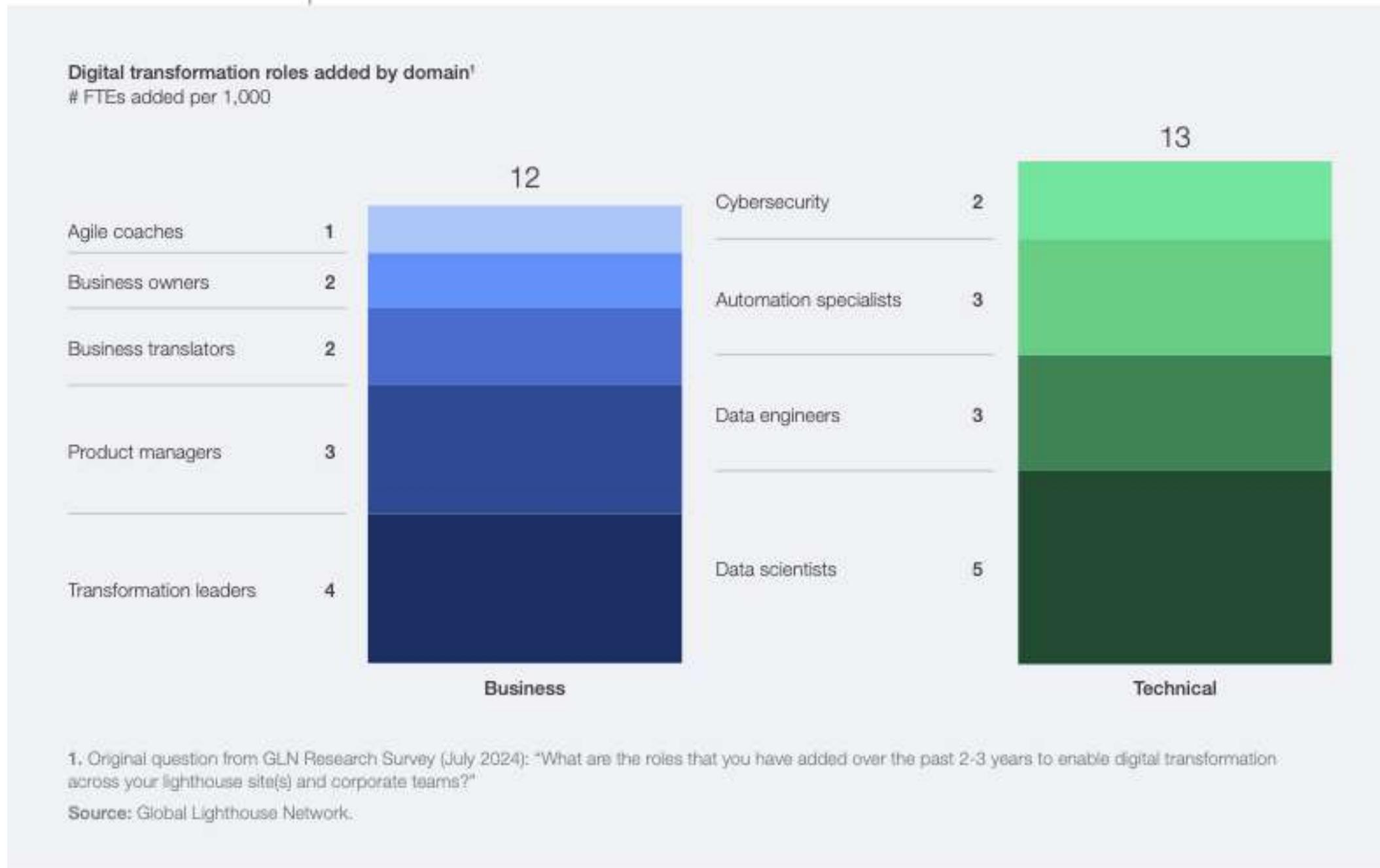
- 80% individui con basic digital skills
- 20M ICT specialist

Italia sotto media europea.

Costo annuale 3 esperti AI: 0.5 Milioni Euro!

2. Capabilities: profili

FIGURE 11 | Lighthouses build holistic transformation teams



2. Capabilities: mix esterno/interno

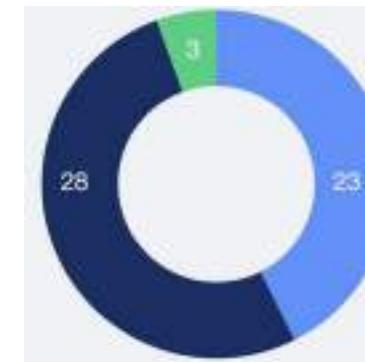
Perché?

- Potenziare le capacità per sviluppare conoscenze o proprietà intellettuale attraverso collaborazioni esterne.

Esempio



Composizione team



Commoditificazione tool AI guida internalizzazione

Sviluppo interno

- Valorizzare le competenze interne e integrarle con fornitori esterni secondo necessità.
- Esperienza di formazione gamificata con realtà mista e simulazione modellata per un feedback realistico.



● Technical roles ● External partners ● Operational roles

2. Capabilities: mantra!

Domain competence: La competenza nel dominio—cioè, la conoscenza specializzata necessaria per la selezione delle variabili e l'ingegneria delle caratteristiche—è fondamentale!

*"A key distinction is that we possess the product know-how. For any analysis, it's crucial to have a deep understanding of your product and how it functions; without that knowledge, you will be completely lost. Without this insight, **you might select variables that don't actually impact performance, and waste months trying to derive value from them**—ultimately achieving nothing. Before incorporating variables into algorithms, you must understand if they actually affect performance. If you choose the wrong variables, you'll only get false predictions. Suppliers won't be able to achieve this—they don't know our products as well as we do. They understand their own machines far better than we do. "*

Intervista a responsabile di produzione Bosch per progetto di ricerca UniUD – 2021

Risultati dello studio disponibili su:

Culot, G., Orzes, G., Sartor, M., & Nassimbeni, G. (2024). **The data sharing conundrum: revisiting established theory in the age of digital transformation.** *Supply Chain Management: An International Journal*, 29(7), 1-27.





3. Digitalizzazione diffusa: human centricity

- **Non è detto che comprare la tecnologia significhi usare la tecnologia**

Spesso le tecnologie vengono acquistate per stimoli esterni (hype, incentivi) ma poi non utilizzate/sfruttate appieno.

Guardando alle dinamiche di stabilimento, uno dei motivi è la riluttanza da parte degli operatori a cambiare le routine e gli schemi mentali.

- **Tecnologie Industry 4.0 prevedono un'adozione »centrata sull'umano»**

Human centricity nell'Industria 4.0 si riferisce a un approccio in cui la tecnologia e l'automazione sono progettate per potenziare le capacità umane, migliorare le condizioni di lavoro e aumentare il benessere degli operatori, piuttosto che semplicemente sostituire la forza lavoro.

Le aziende devono ripensare l'equilibrio dei compiti della forza lavoro, trasformandola in un team di tecnici e analisti, mentre si automatizzano le attività più gravose, prive di valore aggiunto o pericolose.

3. Digitalizzazione diffusa: esempi



“Solutions are not just for the workforce... they are with the workforce”



Foxconn Industrial Internet, Vietnam

- Prima: reset dei macchinari in caso di errore, no analisi cause/soluzioni
- Adozione di **LLM machine failure handling system**
- Dashboard intuitive dove gli operatori possono essere attivi in attività di problem solving e risoluzione guasti (-90% riduzione fermi macchina non programmati)



“Cultivating change agents is critical as they function as conduits between frontline and management in both directions.”



Coca Cola, Singapore

- Incontri mensili di «**Show & Tell**» con fornitori di macchinari e altri provider
- «**Sway**» newsletter con aggiornamenti, success stories, esperienze con tecnologie
- «**Star**» assignments: operatori ingaggiati per tre mesi in progetti digitali specifici

3. Digitalizzazione diffusa: leve

Tecnologie

Applicazioni illustrate

Integrazione di esperienza



Digital engagement platforms, apps

Sviluppo di skills



Digital platforms, apps, VR/AR/MR

Sicurezza



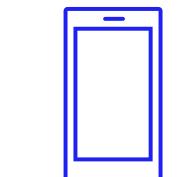
Tool fisici, simulazione, automazione, sensori

Skill augmentation



VR/AR/MR, tool fisici, connettività

Connessione remota



VR/AR/MR, connettività, digital platforms, apps

- Piattaforma che incentiva i dipendenti a condividere idee e sfide, sfruttando insight generati dall'Intelligenza Artificiale.
- Centro di formazione tecnica che ha ridotto i tempi di qualificazione per nuovi ruoli, aumentando la versatilità della forza lavoro.
- Valutazioni ergonomiche supportate dalla tecnologia, che hanno ridotto gli infortuni muscolo-scheletrici sul lavoro e i tempi di analisi dei casi.
- Dispositivi indossabili per supportare la formazione e l'upskilling, migliorando l'efficienza operativa, riducendo le attività prive di valore aggiunto e diminuendo gli scarti.
- Tecnologie AR/VR per connettere da remoto gli esperti ai tecnici, con programmi di formazione personalizzati sulle aree di miglioramento individuali.



4. Scalabilità: sperimentare e diffondere

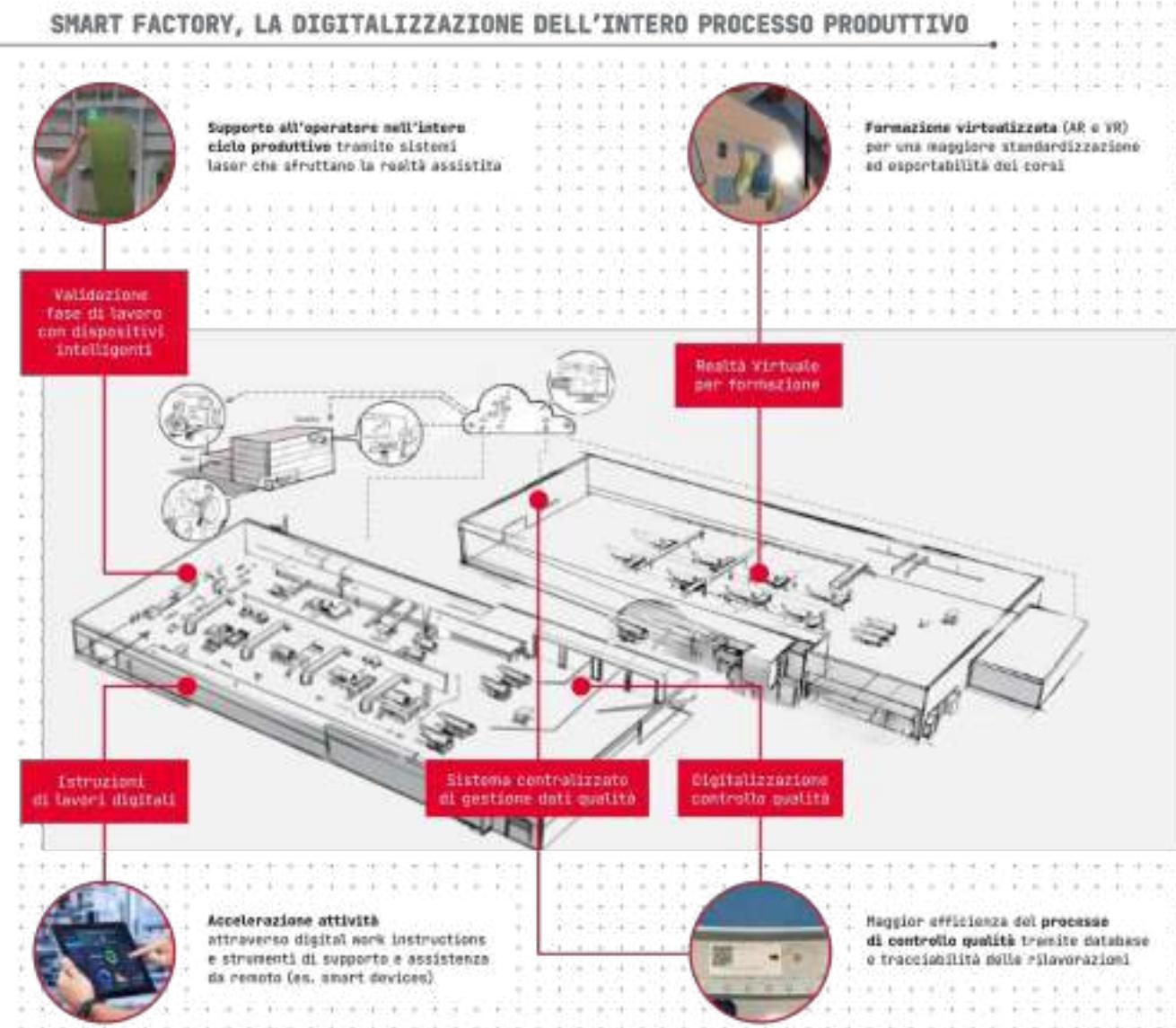
- **Le tecnologie non sono «plug&play», necessario customizzare e scalare**

La scalabilità in Industry 4.0 è ostacolata dalla necessità di integrare tecnologie complesse, gestire enormi quantità di dati, formare la forza lavoro, sostenere investimenti costosi e garantire la sicurezza, il tutto mentre si personalizzano i processi per adattarsi a un mercato in continua evoluzione

- **Presenza di roadmap strutturate aiuta, con chiara strategia di diffusione**

Dal punto di vista tecnologico, l'approccio è quello di strutturare soluzioni standardizzate e modulari, consentendo l'applicazione personalizzata attraverso diversi use-case/siti produttivi. Importante definire il processo di diffusione all'interno del plant/network, bilanciando sviluppo centralizzato e soluzioni che vengono suggerite «dal basso».

4. Scalabilità: esempio



- 6 asset di automazione
- 3.500 nuove attrezzature
- > 530.000 ore di ingegneria
- > 20.000 ore di formazione sui nuovi macchinari
- > 1.200 persone coinvolte in formazione
- 38 workshops sull'innovazione in fabbrica
- Collaborazioni con università, centri di ricerca, società di consulenza
- 52 M Euro finanziamenti pubblici (65% costi ammissibili)

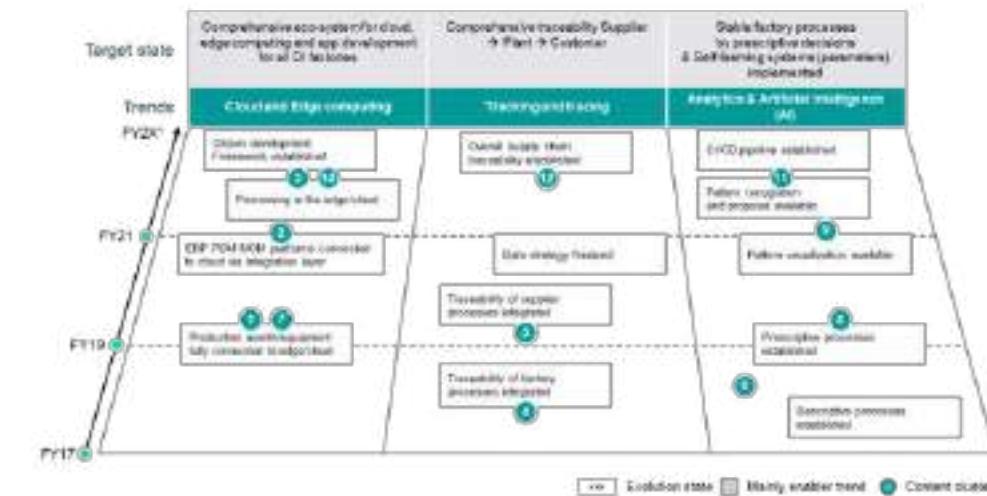
Leonardo, Pomigliano d'Arco/Nola (NA): Progetto Nemesi

4. Scalabilità: impostare la transizione



- Allineare la senior leadership sulla **visione**: quale valore si desidera trarre dalla trasformazione digitale?
- Definire la roadmap strategica
- Base + prioritizzazione use case in base al valore
- Definizione roll-out previsto (in sito/multi-sito)

Manufacturing Data Ecosystem increasing quality, efficiency and scalability



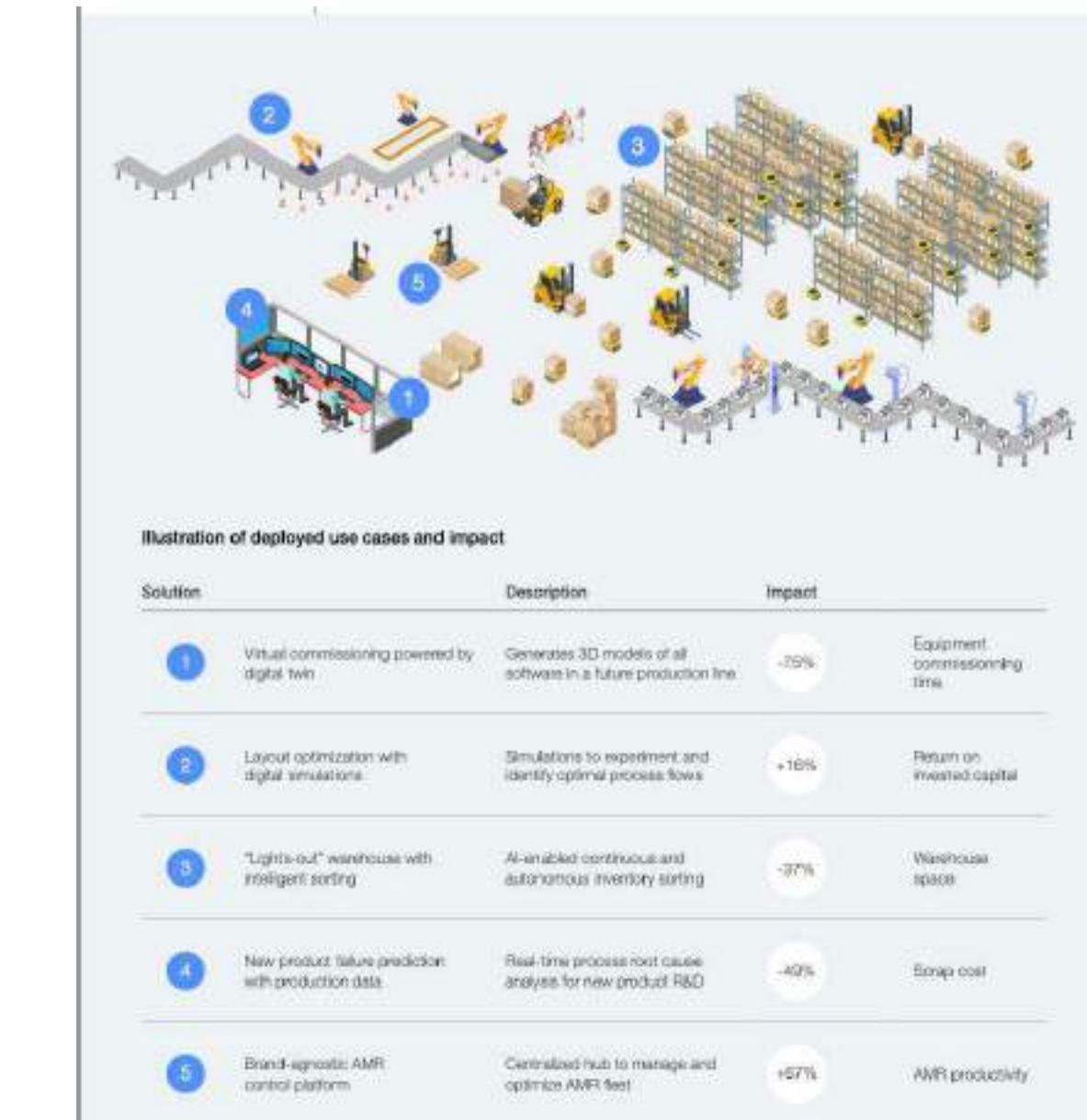
* Depending on technology readiness (e.g. 5G, GAIA-X, ...) and Siemens IoT strategy

Siemens: Lean Digital Factory

4. Scalabilità: infrastruttura dati

**2-3X
mole dati
in
aziende
I4.0**

nuove
connessioni
con tech
vendor,
ottimizzazione
e update
frequenti



Es. Unified fleet management platform AMR

4. Scalabilità: aspetti tecnologici

Standardizzazione



Flessibilità

CENTRALIZZAZIONE

- Orchestrione sviluppo e la condivisione best practice per garantire controllo centralizzato e supervisione.
- Linee guida sulle migliori pratiche di integrazione API per creare pipeline di dati coerenti.
- Journey services per orchestrare l'interazione tra diversi servizi di dominio.

MODULARITÀ

- Sistemi con componenti intercambiabili, facilmente riconfigurabili o sostituibili, per massimizzare il riutilizzo dei moduli esistenti.
- Utilizzo API modulari, decoupling dell'architettura per test e implementazioni indipendenti.
- Architettura a microservizi, con applicazioni leggere e autonome.

ASSETTIZZAZIONE

- Approccio sistematico per sviluppare, gestire e distribuire asset riutilizzabili
- Si basa su manuali, procedure e strumenti modulari e universalmente accessibili, che consentono agli operatori di sfruttare il potenziale delle soluzioni digitali senza necessitare di competenze specialistiche.

AUTONOMIA

- Sviluppo indipendente per potenziare continuamente le capacità interne.
- Utilizzo infrastrutture cloud-native, Infrastructure as code e automazione per un'architettura flessibile.



4. Scalabilità: esempio



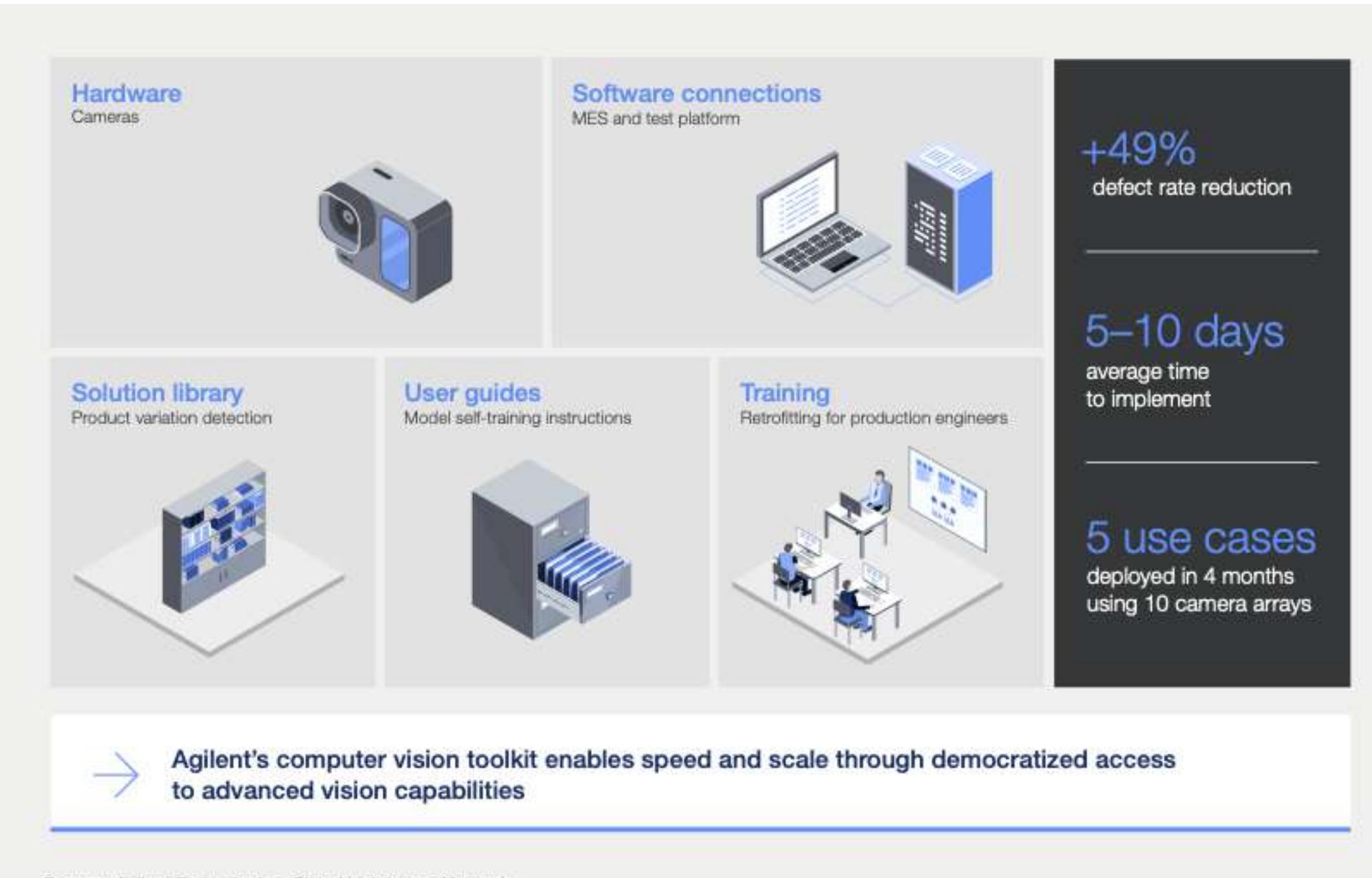
Roche: Low-Code Enablement Application Platform ("LEAP")



4. Scalabilità: esempio

	No code	Low code
Utilizzatori primari	Business users	Developers
Coding	Assente	Limitato
Scopo	Self-service per il business	Sviluppo rapido per professionisti
Output	App semplici	Tool complessi
Personalizzazione	Customizzazione di template	Completa

4. Scalabilità: esempio



The infographic illustrates the components and outcomes of Agilent's computer vision toolkit:

- Hardware:** Cameras (represented by an icon of a camera body).
- Software connections:** MES and test platform (represented by icons of a laptop and a server).
- Solution library:** Product variation detection (represented by an icon of a server rack).
- User guides:** Model self-training instructions (represented by an icon of a server tower).
- Training:** Retrofitting for production engineers (represented by an icon of three people at desks with monitors).

Results:

- +49% defect rate reduction
- 5–10 days average time to implement
- 5 use cases deployed in 4 months using 10 camera arrays

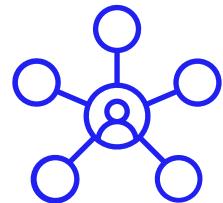
→ Agilent's computer vision toolkit enables speed and scale through democratized access to advanced vision capabilities

Agilent: Assetization AI solution library



4. Scalabilità: approcci consolidati multisito

Technology-led

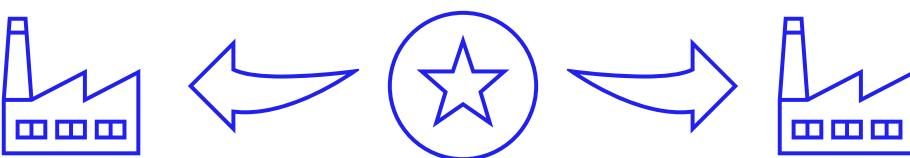


CATL

Implementazione simultanea di use cases – Risorse IT/Corporate

- Implementazione simultanea di use cases su centinaia di linee produttive
- Roll-out coordinato d funzione centrale "Intelligent Manufacturing"
- Approccio standardizzato possibile per rete IT centrale e similarità tra linee produttive

Capability-led

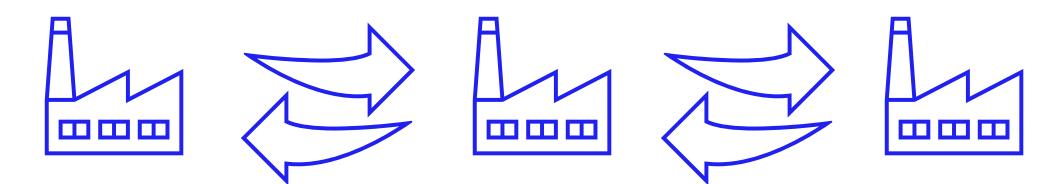


Johnson&Johnson Innovative Medicine

CoE combina use cases/factories – Risorse Corporate

- CoE identifica, formalizza e scala use cases attraverso siti produttivi
- CoE con competenze/risorse digitali: condivisione best practice da siti
- I siti «acquisiscono» use cases dal CoE ricevendo supporto nella customizzazione

Build and replicate



TATA STEEL

Trasformazione sito-per-sito – Risorse del sito «attivo»

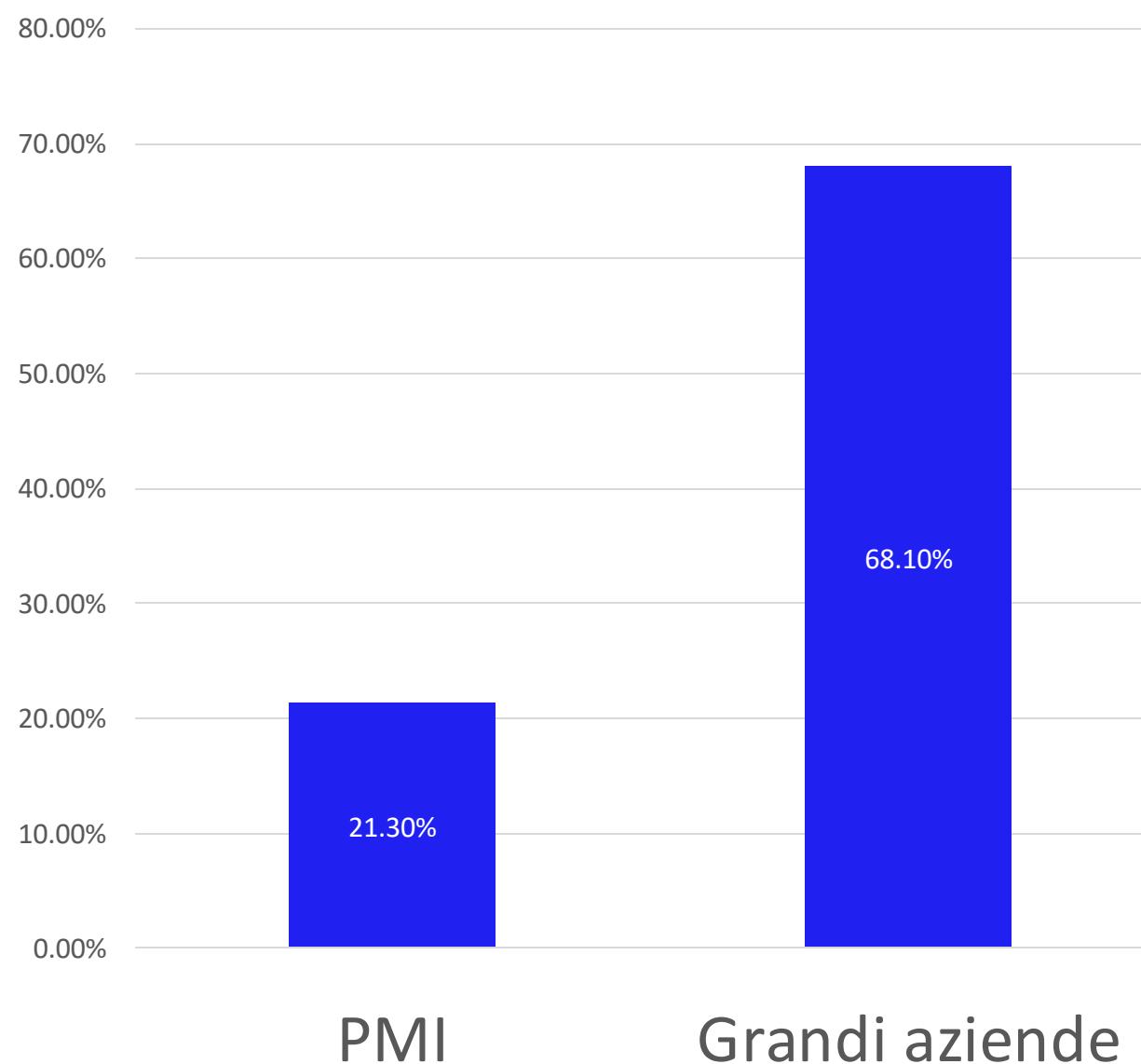
- Siti «campione» si trasformano, l'approccio viene poi replicato in altri siti, uno alla volta
- I siti sono tipicamente molto grandi e hanno caratteristiche simili



Concludendo: parliamo di PMI

Livelli di digitalizzazione (alto/molto alto)

Italia



L'adozione di tecnologie digitali nelle aziende italiane ha mostrato segnali di crescita, sebbene persistano differenze significative tra le grandi imprese e PMI

- Nel 2024 l'8,2% delle imprese con almeno 10 addetti utilizza tecnologie di intelligenza artificiale (IA), rispetto al 5,0% del 2023 (13.5% UE27)
- 33% ha incrementato investimenti in trasformazione digitale
- Carenza di competenze ostacolo per 55.1% delle imprese



Concludendo: sfide per le PMI

Costi di investimento

- Implementare tecnologie avanzate può essere oneroso e richiedere un ritorno sugli investimenti a lungo termine

Competenze

- Il gap di competenze tecniche rende difficile l'adozione e l'integrazione delle nuove tecnologie.

Sicurezza informatica

- La digitalizzazione espone le PMI a maggiori rischi di attacchi informatici, spesso senza adeguate misure di protezione.

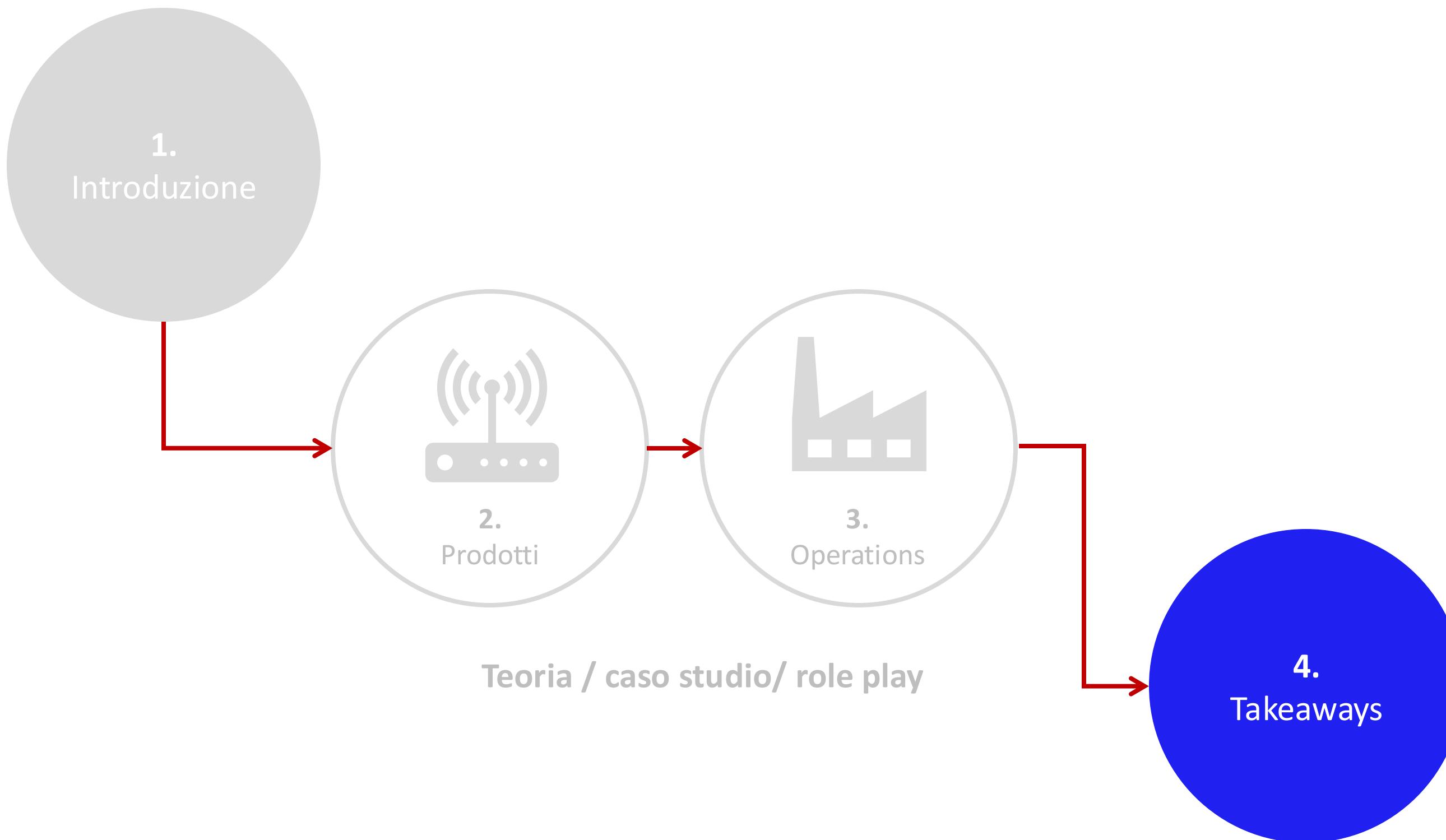
Resistenza al
cambiamento

- L'adozione di nuove tecnologie richiede un cambio culturale, che può incontrare resistenze interne.

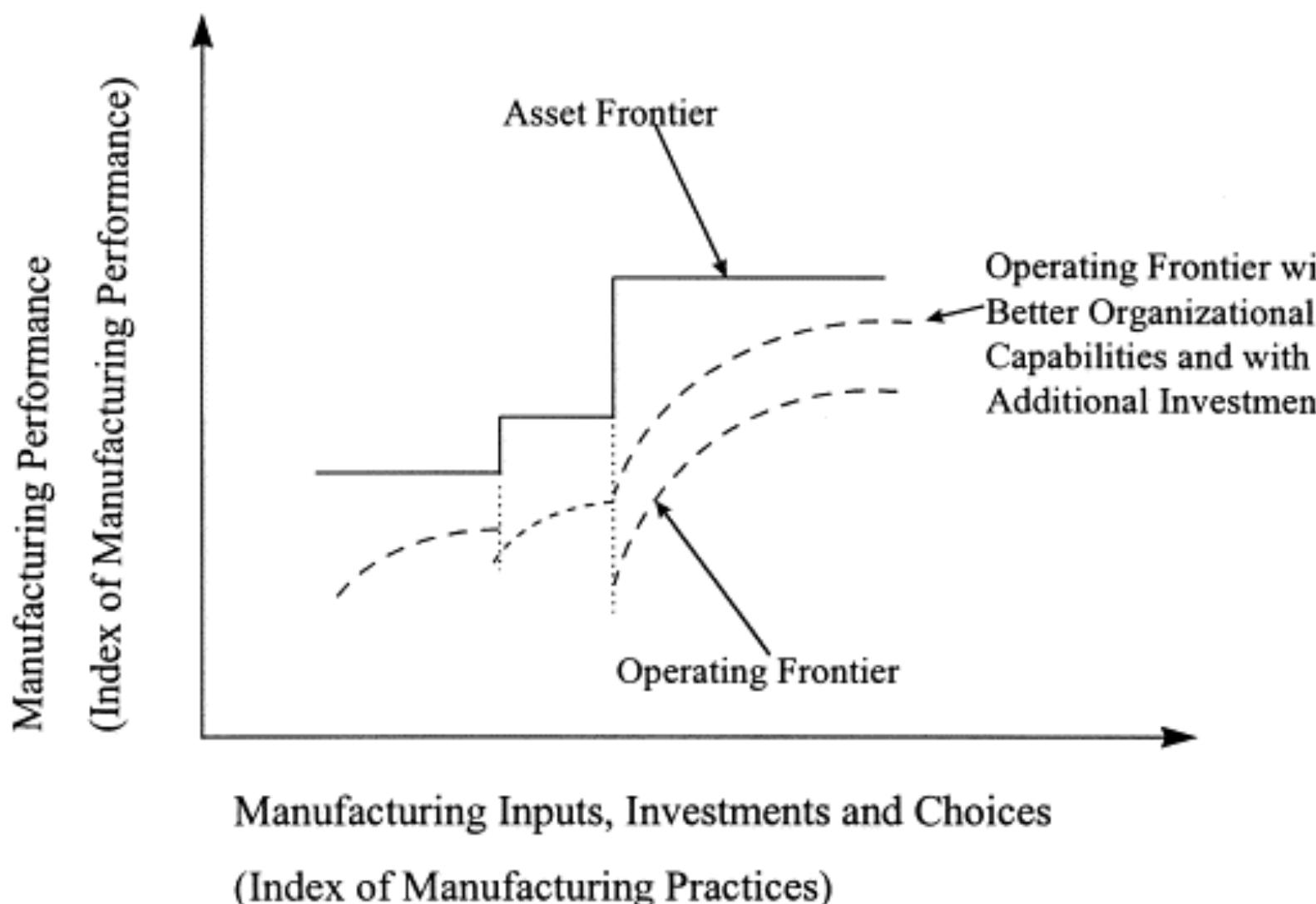
Legacy systems

- Le PMI spesso operano con infrastrutture legacy che non sono facilmente compatibili con le nuove tecnologie.

Agenda di oggi



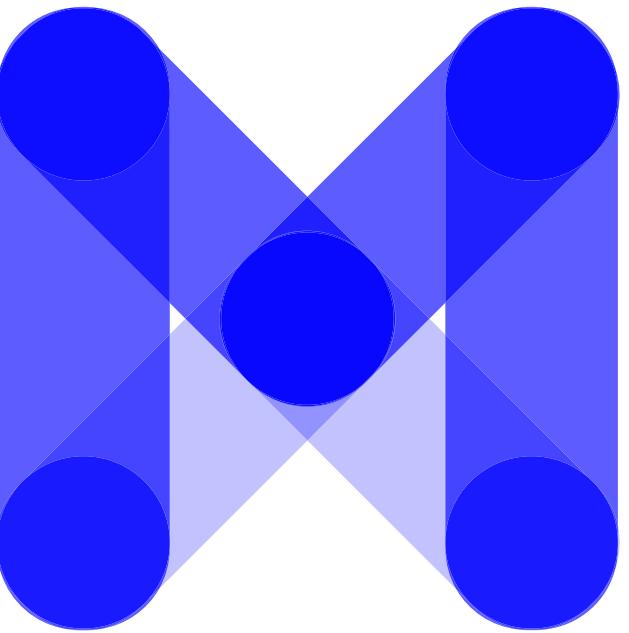
Quali risultati attesi?



Benefici su tutte le **performance operative manifatturiere** (tempo, qualità, costo, flessibilità)

Aspettative alte in termini di **sostenibilità** (ma con qualche "dark side")

Cosa ci portiamo a casa?



EMBA

***EXECUTIVE MASTER OF
BUSINESS ADMINISTRATION***



**UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI UDINE**

