



UNIVERSITÀ
DI PAVIA

Dipartimento di Scienze Economiche e Aziendali

Corso di Laurea [magistrale] in

Economia e Gestione delle Imprese

**Dai sistemi ERP tradizionali ai sistemi integrati con
l'Intelligenza Artificiale
L'evoluzione a supporto della logistica e della
Supply Chain**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Alessandro Zardini

**Tesi di Laurea
di Emanuele Caprioli**

Matr. n. 557272

Anno Accademico 2025-2026

INDICE

Introduzione

Capitolo 1: L'evoluzione dei sistemi ERP e il modello SAP: storia e vantaggi operativo-gestionali.

- 1.1. L'evoluzione storica dei sistemi gestionali: dalla nascita degli ERP al modello SAP.
- 1.2. Il superamento dei silos informativi attraverso l'integrazione dei processi: il valore di SAP per l'organizzazione aziendale.
- 1.3. L'impatto di SAP sui processi decisionali e sull'efficienza delle operazioni.
- 1.4. Le nuove frontiere dell'integrazione: Industria 4.0 e il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nei sistemi ERP.

Capitolo 2: L'integrazione di SAP nella gestione della logistica e della Supply Chain;

- 2.1. L'area della Supply Chain: criticità gestionali e impatto delle asimmetrie informative.
- 2.2. La reingegnerizzazione dei flussi: l'integrazione di SAP e dei sistemi ERP come supporto alla Supply Chain.
- 2.3 L'impresa Data-Driven: l'uso dei flussi informativi SAP a supporto delle decisioni.
- 2.4 La complessità dell'adattamento organizzativo e umano.

Capitolo 3: L'evoluzione dei modelli gestionali: analisi comparativa di casi aziendali SAP e soluzioni AI

- 3.1. L'implementazione di SAP per l'ottimizzazione delle performance: il caso Nestlé.
- 3.2. Limiti della pianificazione basata su serie storiche: la necessità di modelli predittivi.
- 3.3. L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale nei processi logistici: il caso Microsoft.
- 3.4. Analisi comparativa: SAP tradizionale vs SAP AI-Powered nella gestione della logistica e della supply chain.
- 3.5. Conclusioni: il nuovo paradigma della gestione aziendale tra integrazione dei processi e visione strategica.

Conclusione

Bibliografia

Sitografia

Introduzione:

Negli ultimi decenni, l'evoluzione delle tecnologie dell'informazione e della gestione aziendale ha ridefinito radicalmente le architetture organizzative e le logiche di gestione delle imprese. In un contesto di mercato caratterizzato da una crescente complessità, da dinamiche competitive frammentate e da una spiccata fluttuazione della domanda, la capacità delle organizzazioni di gestire e integrare efficacemente i propri flussi informativi è diventata un fattore determinante per la sopravvivenza e la generazione di vantaggio competitivo.

Al centro di questa trasformazione digitale si collocano i sistemi ERP (Enterprise Resource Planning), piattaforme gestionali nate con l'obiettivo di superare la frammentazione informatica. Se inizialmente l'adozione degli ERP ha rappresentato la risposta alla necessità di integrare i processi transazionali e standardizzare le operazioni, oggi l'integrazione di strumenti avanzati di Intelligenza Artificiale (AI) e Machine Learning sta guidando le imprese verso un nuovo paradigma, ovvero il passaggio da una gestione meramente data-driven e consuntiva a un modello predittivo e strategico.

Il presente lavoro di tesi si propone di analizzare questa traiettoria evolutiva, approfondendo l'impatto dei sistemi ERP (con particolare riferimento al modello SAP) sulla gestione aziendale e focalizzando l'attenzione sull'area critica della Supply Chain e della logistica, fino ad arrivare alle più recenti frontiere integrate con l'AI. Il percorso è articolato in tre capitoli, partendo dal primo di stampo maggiormente teorico ed informativo, proseguendo successivamente con il secondo dove verrà analizzato nel dettaglio l'utilizzo di questi sistemi ERP nella parte logistica e della Supply chain citata in precedenza, per concludere con l'ultimo capitolo che permette di analizzare tale argomento sfruttando dei casi aziendali concreti. Attraverso questo itinerario, la tesi intende dimostrare come l'adozione dell'Intelligenza Artificiale nei sistemi gestionali non rappresenti una semplice accelerazione tecnologica, ma costituisca una vera e propria evoluzione strutturale verso la maturità digitale dell'impresa contemporanea.

Capitolo 1: L'evoluzione dei sistemi ERP e il modello SAP: storia e vantaggi operativo-gestionali.

Il seguente capitolo si pone l'obiettivo di analizzare i sistemi ERP e, nello specifico come si sia giunti al modello SAP. L'analisi partirà dalla definizione di questi strumenti per spiegare come essi abbiano profondamente influenzato il modo di operare all'interno delle realtà aziendali.

Nel dettaglio si ricostruirà, inizialmente, la storia di questi sistemi partendo dai primi modelli sviluppati negli anni '60 fino ad arrivare alle soluzioni odierne che presentano implementazioni di rilievo come il supporto integrato con l'Intelligenza Artificiale.

A seguito di questo inquadramento storico, l'analisi entrerà nel vivo delle dinamiche aziendali, spiegando come i sistemi ERP, e SAP in particolare, riescano a supportare la gestione aziendale a 360°. L'attenzione si focalizzerà su come questi strumenti permettano di limitare, o eliminare del tutto, il problema delle asimmetrie informative e dei cosiddetti silos informativi, favorendo una visione unitaria dei processi.

Procedendo con l'analisi, vedremo come i sistemi ERP non si limitino più alla sola gestione dei dati, ma sfruttino le informazioni raccolte per effettuare previsioni, analisi e valutazioni a supporto delle decisioni strategiche. Questo passaggio è fondamentale per comprendere l'attuale efficienza dei flussi informativi.

Per concludere questa prima parte infine verranno citati i nuovi modelli di sistemi ERP che sfruttano l'intelligenza artificiale. Vedremo come queste tecnologie rendano i sistemi più dinamici e adattabili a qualsiasi realtà aziendale, abbattendo drasticamente le tempistiche di analisi e sfruttando una nuova frontiera tecnologica in forte crescita.

1.1. L'evoluzione storica dei sistemi gestionali: dalla nascita degli ERP al modello SAP.

Prima di ripercorrere l'evoluzione storica e le tappe tecnologiche che hanno condotto all'affermazione dei moderni sistemi ERP, appare necessario fornire una definizione di tali strumenti. Una chiara visione della loro struttura costituisce, infatti, il punto di partenza essenziale per ricostruire il percorso evolutivo che ha trasformato radicalmente il concetto di gestione aziendale ed il modo di operar delle imprese.

I software ERP, acronimo di Enterprise Resource Planning (Pianificazione delle risorse d'Impresa) sono dei sw gestionali che vengono sviluppati per gestire integralmente tutti i processi aziendali.

La funzione principale di un sistema ERP è quella di dare la possibilità all'organizzazione di centralizzare e automatizzare i processi aziendali (inclusa la contabilità) fornendo anche una visione complessiva, integrata e aggiornata dell'azienda.

Implementare dei sistemi di questo tipo all'interno di un'organizzazione porta numerosi vantaggi all'azienda, tra i più comuni:

- Maggiore efficienza
- Riduzione dei costi
- Eliminazione delle asimmetrie informative.

Per comprendere a pieno il significato dei sistemi ERP risulta indispensabile soffermarsi sul significato dell'acronimo:

- *Enterprise*: Il termine non fa riferimento semplicemente a un'azienda, ma alla visione sistemica dell'organizzazione. Enfatizza il fatto che un'azienda è un ente strutturato ed organizzato che come tale deve essere gestito. Ciò significa che il software ignora i confini dei singoli dipartimenti per guardare all'azienda come un corpo unico.

"I sistemi Enterprise permettono a un'organizzazione di sostituire decine di sistemi informativi isolati con un unico pacchetto software che connette tutti i processi aziendali" (Davenport, 1998).

- *Resources*: altrettanto importante è la gestione delle risorse aziendali intese come prodotti, materie prime, macchinari e personale e non solo, poiché parlando di risorse aziendali è necessario fare riferimento anche al tempo, alle competenze umane e soprattutto il dato come risorsa strategica. Estremamente importante risulta gestire queste risorse aziendali in modo efficiente. Nella teoria economica basata sulle risorse, l'ERP è lo strumento che permette di ottimizzare risorse scarse per generare un vantaggio competitivo.
- *Planning*: Il termine planning fa riferimento all'importanza di pianificare, infatti una corretta pianificazione è causa di una riduzione dei costi e problemi, consentendo anche un aumento di efficienza ed efficacia dei processi. Non si tratta solo di registrare ciò che è successo ma anche di prevedere cosa servirà; Il planning negli ERP moderni si basa sulla logica del tempo, quindi determinare quando una risorsa sarà necessaria per soddisfare domande future. Aspetto fondamentale per spostare l'azienda da un modello reattivo ad un modello proattivo.

In definitiva un moderno software ERP offre anche strumenti di business intelligence, CRM integrato, gestione documentale e reportistica avanzata. Tali funzionalità permettono alle aziende di ridurre gli errori, aumentare la produttività e prendere decisioni strategiche basati su dati aggiornati e affidabili.

Prima di analizzare il percorso storico che ha portato alla realizzazione dei sistemi ERP è indispensabile soffermarsi su alcune caratteristiche importanti che un moderno software di questo tipo dovrebbe possedere; tale analisi permetterà di comprendere i grandi passi che sono stati fatti per arrivare a questi sistemi di

gestione aziendale che ancora oggi sono sottoposti ad aggiornamenti e sviluppi continui.

Una delle caratteristiche principali è la flessibilità e possibilità di personalizzazione: ciascuna azienda ha delle proprie peculiarità, obiettivi e caratteristiche che le contraddistinguono dalle altre, motivo per il quale nessuna azienda è uguale ad un'altra. Per questa ragione è necessario che sia data la possibilità di personalizzare e adattare il software ERP alle specifiche esigenze dell'azienda.

Altrettanto importante è la possibilità di integrazione con altri software, infatti un'azienda deve essere in grado di comunicare con altri software e macchinari. Questo permette di velocizzare i processi con l'esterno ed evitare che si vengano a creare delle asimmetrie informative che vadano a ledere all'efficienza e alla velocità di un'azienda¹.

Una volta compresa la natura dei moderni ERP, occorre voltarsi indietro per analizzare le radici di questi strumenti e i precursori che ne hanno segnato la nascita. È un approfondimento necessario per contestualizzare il passaggio dai primi sistemi isolati a quelli integrati, mettendo in luce come l'evoluzione tecnologica sia stata, prima di tutto, una risposta concreta alle mutevoli esigenze della gestione aziendale.

I primi sistemi di gestione aziendale iniziano a svilupparsi ed affermarsi all'interno delle aziende negli anni '60. Infatti analizzando il contesto storico di quegli anni si prende visione di un aumento di produzione nelle fabbriche notevole, soprattutto in Italia, spinto dal benessere sociale portato dal boom economico di quegli anni e accentuato maggiormente dall'elaborazione data dai primi computer.

Il decennio degli anni 60' rappresentava sostanzialmente lo spartiacque tra l'era industriale meccanica e quella dell'informazione digitale. Tra il 1957 e il 1963, il PIL italiano crebbe a tassi superiori al 6% annuo. Questo benessere portò a una domanda esplosiva di beni durevoli, poiché si era passati dalla semplice domanda

1: Cfr. 1C-ERP Italia, *Che cos'è un software ERP: definizione e caratteristiche*, in *1c-erp.it*, 2026, consultabile al sito <https://www.1c-erp.it/supporto/definizioni/software-erp/>.

di “sostituzione” quindi per soddisfare quelli che erano i bisogni primari, alla domanda di “dotazione” per soddisfare quindi altri bisogni non strettamente indispensabili per la sopravvivenza. In sintesi questo aumento del PIL diede la possibilità a molta gente che prima non poteva permettersi tale lusso di iniziare a pensare non più solo ed esclusivamente ai beni primari. Il boom della domanda quindi non riguarda solo l’aumento della quantità di beni, di per sé già un cambiamento che poteva portare problematiche a livello di gestione e organizzazione aziendale, ma un cambiamento vero e proprio nella natura della domanda.

Se nel periodo precedente il paradigma dominante era quello della produzione di massa standardizzata, finalizzata a massimizzare le economie di scala, gli anni '60 segnano l'ingresso in una fase di profondo dinamismo competitivo. Inizialmente, le aziende operavano in un contesto rigido e ripetitivo: produrre un unico modello standard garantiva la massima efficienza, poiché permetteva di utilizzare processi automatizzati sempre identici, privi di imprevisti gestionali. In questo scenario, la gestione organizzativa era lineare e prevedibile.

Tuttavia, con il benessere portato dal boom economico, i consumatori iniziarono a diventare più esigenti, richiedendo varietà e personalizzazioni che misero rapidamente in crisi la rigidità delle linee produttive tradizionali. Si è assistito, dunque, a un passaggio cruciale: dalla produzione "uguale per tutti" a una produzione flessibile, capace di adattarsi alle richieste del singolo cliente.

Le conseguenze di questo cambiamento non furono nulle, al contrario la diversificazione del prodotto portò con sé una crescita esponenziale della complessità organizzativa. La gestione aziendale non poteva più fare affidamento sulla semplice ripetitività, ma necessitava di nuovi strumenti capaci di governare la frammentazione della domanda e il cambiamento costante. Adattarsi a questi nuovi ritmi divenne, per le imprese dell'epoca, l'unica via per non restare ai margini dello sviluppo e rispondere con efficacia alle sfide di un mercato ormai diventato dinamico².

2: Cfr. Castronovo, V., Storia economica d'Italia. Dall'Ottocento ai giorni nostri, Torino, Einaudi, 2006.

In questo scenario di profondi cambiamenti delle aziende e soprattutto del mercato, i modelli di gestione tradizionale iniziavano a vacillare e mostrare i primi difetti e di conseguenza risultare obsoleti per il contesto storico in cui ci si trovava. All'epoca il primo strumento di gestione era il ROP (Reorder point).

Il sistema del Reorder Point, o punto di riordino, è una metodologia di gestione delle scorte basata su una logica puramente statistica. Tale sistema può essere considerato uno dei precursori dei moderni sistemi gestionali, pur avendo delle caratteristiche e soprattutto delle capacità operative nettamente inferiori rispetto alle evoluzioni successive. Il funzionamento era basilare, per ogni articolo in magazzino veniva stabilita una soglia minima di giacenza: quando il valore scendeva sotto questo livello allora il sistema emetteva in maniera automatizzata un ordine di rifornimento di una precisa quantità fissata. Questo sistema utilizzato a cavallo degli anni 60' era sicuramente molto valido in un contesto standardizzato e con poca dinamicità. Come però si è potuto evincere dal contesto storico, analizzato in precedenza, degli anni 60' il mercato e i consumatori iniziavano a realizzare una domanda caratterizzata da un'elevata variabilità e frammentazione.

Il limite principali che rese necessaria l'implementazione di un altro sistema di gestione aziendale fu proprio quello dell'incapacità nel gestire la domanda, infatti il problema del ROP risiedeva nel trattare ogni componente come un'entità isolata (ovvero, ignorava il legame di domanda dipendente tra prodotto finito e i suoi componenti) , inoltre ordinava i pezzi basandosi solo su consumi passati senza sapere ciò che l'organizzazione aveva pianificato di produrre nel successivo breve periodo; da qui si comprende come il ROP avesse delle problematiche evidenti in un mercato che diveniva sempre di più dinamico. Il sistema guardava al passato attraverso i dati storici invece di guardare al futuro (ordine dei clienti), è possibile definirlo come un sistema affetto da “miopia decisionale”³.

Per ovviare a queste difficoltà e ad un inizio di obsolescenza nel sistema ROP si è passati a cavallo tra gli anni 60' e 70' al sistema MRP.

3: Cfr. Orlicky, J., Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management, New York, McGraw-Hill, 1975.

Acronimo di Material Requirements Planning, il sistema MRP è un sistema che si sviluppa in quegli anni e viene definito uno strumento fondamentale per la pianificazione della produzione nelle aziende. Obiettivo principale di tale modello è quello di “determinare i rilasci degli ordini pianificati”, stabilendo quanto materiale deve essere ordinato o prodotto per soddisfare la domanda finale.

Si iniziava quindi a verificare una profonda rivoluzione concettuale rispetto ai modelli precedenti. Mentre il sistema ROP poggiava su una soglia minima fissa al raggiungimento della quale si avviava il riordino, l'MRP scardina questa logica posizionando il cliente e la domanda finale al centro dell'intero ecosistema produttivo; operazione che era considerabile necessaria poiché come già citato anche in precedenza, il mercato diveniva sempre più un contesto dinamico e meno prevedibile.

Sarebbe risultato quindi impossibile operare sempre allo stesso modo con metodi automatizzati e poco personalizzabili.

Come esplicito nei passaggi precedenti, il ROP trattava l'azienda come un sistema isolato dal mercato, focalizzato unicamente sulla saturazione e sulla protezione del magazzino attraverso scorte di sicurezza. Con l'introduzione del sistema MRP invece viene introdotta una filosofia proattiva.

L'approccio considerava infatti il fabbisogno di componenti non più come una variabile probabilistica da stimare sulla base del passato, ma un calcolo deterministico strettamente correlato a ciò che l'azienda ha effettivamente venduto o pianificato di produrre nell'immediato futuro.

Questo viene considerato il primo passo verso i sistemi di gestione aziendale come li intendiamo oggi, e quindi con un'ottica a 360° che non considera l'azienda come entità che non subisce l'influenza del mercato. Nel dettaglio con il passaggio da ROP a MRP si è passati da una logica look-back a una look-ahead; questo permette alle organizzazioni di non subire passivamente le dinamiche del mercato ma di allineare ogni singolo processo di acquisto e produzione ai ritmi reali della

domanda esterna. L'MRP cessa quindi di essere un mero strumento di controllo delle scorte ma diviene sempre di più un modello in grado di integrare l'attività aziendale e le esigenze del cliente finale.

La concretizzazione di questo approccio proattivo che serviva per poter governare concretamente questa nuova centralità del mercato, passa dal funzionamento del sistema MRP.

A livello operativo, il modello MRP si inserisce all'interno di una precisa struttura gerarchica della pianificazione aziendale. Riceve dal Master Production Schedule (MPS) i fabbisogni lordi determinati dagli ordini dei clienti e li trasforma successivamente in piani di approvvigionamento e produzione. Viene quindi introdotto come "tramite" il sistema MPS che si posiziona tra la pianificazione aziendale e il sistema MRP; il suo funzionamento si basa quindi nel determinare, su un orizzonte temporale di breve periodo, l'esatta quantità e la precisa data di scadenza di ogni singolo prodotto finito da realizzare, in modo da tradurre così le previsioni di vendita e la domanda del cliente in fabbisogni indipendenti per il modello MRP.

In sostanza la logica del modello può essere raggruppata in alcune fasi principali partendo dal calcolo del netto: in questa fase iniziale il sistema riceve, come accennato anche in precedenza, i fabbisogni lordi dall'MPS e vi sottra automaticamente le giacenze fisiche presenti in magazzino e gli ordini già emessi in passato in attesa di consegna, così facendo è possibile determinare l'esatto quantitativo mancante.

Successivamente i fabbisogni netti così calcolati vengono raggruppati in lotti d'acquisto o di produzione secondo precise politiche aziendali; ed infine viene invece definito il momento esatto in cui emettere l'ordine.

Proprio da questo si può intendere l'enorme passo in avanti che si è concretizzato con l'introduzione del modello MRP, poiché fu il primo modello in quegli anni in grado di connettere diversi attori all'interno dell'azienda. Infatti può essere

definito come un punto di svolta per la gestione aziendale. Sebbene in questa prima fase storica l'architettura informativa rimanesse strettamente focalizzata sulla sfera della produzione l'MRP ha imposto per la prima volta la centralizzazione e l'unificazione dei Database aziendali. Si iniziavano quindi ad intendere questi modelli non più come un qualcosa di automatizzato e standard uguale nel tempo ma come un supporto aziendale per iniziare a coordinare tutte le aree aziendali ed iniziare ad eliminare le asimmetrie informative.

Il sistema MRP ebbe un enorme successo a cavallo tra gli anni 60 e 70 per due aspetti fondamentali, che lo resero il precursore per eccellenza del modello sviluppatosi in seguito.

Tale primato industriale è dovuto sicuramente alla semplicità e trasparenza del modello, infatti, a differenza di algoritmi avanzati che operano come sistemi indecifrabili e poco chiari, l'MRP offre una logica lineare.

Altro elemento causa di tale successo è ricollegato al discorso effettuato in precedenza sulla flessibilità e integrazione gestionale; l'MRP ha rappresentato il primo reale tentativo di centralizzazione del dato aziendale. Essendo strettamente connesso ai registri di magazzini, alle schede tecniche della distinta base e all'ufficio acquisti, ha offerto una flessibilità di gestione prima impensabili, gettando le basi per l'abbattimento dei silos informativi dipartimentali.

Nonostante l'indubbio valore rivoluzionario però, andando avanti con gli anni, anche il sistema MRP I risultava essere un po' stretto ai continui cambiamenti tecnologici e alla continua dinamicità del mercato che consentiva al cliente di essere sempre più al centro rispetto all'azienda. In sostanza l'azienda continuava ad essere influenzata dal mercato e dalla domanda dinamica dei clienti. Questo clima di incertezza e continuo sviluppo portava le aziende a dover implementare dei modelli di gestione aziendale che permettessero di coordinare al meglio le

operazioni eliminando i silos informativi dovuti alla dinamicità dell'ambiente che le circondava.

Proprio a questo proposito l'applicazione su larga scala del modello MRP I (MRP originario) fece emergere un limite strutturale insormontabile in quel periodo di continuo sviluppo: la sua natura di sistema a capacità infinita. L'algoritmo infatti, elaborava i piani d'acquisto e le date di rilascio dei materiali parendo dal presupposto teorico che l'azienda disponesse sempre di risorse, macchinari e manodopera illimitati per soddisfare i piani.

Nella realtà industriale però l'MRP generava dei piani teorici che garantivano la disponibilità quantitativa dei materiali, ma non ne verificava la fattibilità dal punto di vista della reale capacità produttiva. Il modello generava piani d'acquisto e di produzione matematicamente coerenti sulla carta che tuttavia, andando avanti con il tempo e quindi con la dinamicità del mercato, si rivelavano ineseguibili in fase di produzione perché non tenevano conto della saturazione dei macchinari e della manodopera, provocando colli di bottiglia e ritardi⁴.

Per ovviare a tale problema tra la fine degli anni 70 e l'inizio degli anni 80' il sistema MRP si è evoluto ma non snaturandosi completamente, poiché come anche asserito in precedenza si trattava di un modello assolutamente utile e rivoluzionario dal punto di vista di gestione aziendale, che però andava migliorato e ritoccato in alcuni punti per cercare di avere la migliore versione possibile che fosse coerente con il mercato e le richieste dei clienti in quel periodo storico⁵.

Motivo per il quale si sviluppò una versione superiore al classico modello MRP ovvero il sistema MRP II, come si può facilmente intuire anche dal nome si trattava di una versione che andava a migliorare la precedente versione già di per sé rivoluzionaria dell'ambito della gestione aziendale.

Pur prendendo il nome dal modello precedente, MRP II non ha rappresentato solo ed esclusivamente un'ottimizzazione dell'algoritmo precedente, bensì una profonda riconfigurazione dell'architettura informativa aziendale.

4: Cfr. Mabert, V. A., The evolution of enterprise resource planning systems, in *Chronicles of E-Commerce*, 2007.

5: Cfr. Milne, R. J., Mahapatra, S., & Wang, C. T., Optimizing planned lead times for enhancing performance of MRP systems, in *International Journal of Production Economics*, vol. 165, 2015, pp. 132-143.

Se l'MRP focalizzava la propria attenzione in modo quasi esclusivo sull'approvvigionamento dei materiali assumendo una capacità produttiva infinita, il modello successivo si afferma come un sistema di gestione integrato capace di governare la totalità delle risorse necessarie alla produzione (**Mabert, 2007**).

L'MRP II, quindi, cessa di essere un'applicazione isolata e si converte nel cuore operativo di quei sistemi che nel decennio successivo si consolideranno come sistemi ERP.

La vera rivoluzione strutturale che permette di differenziare l'MRP embrionale dal modello successivo (MRP II) risiede nell'introduzione di un database relazionale unico e centralizzato. Questo update ha dato la possibilità alla gestione aziendale di far confluire in un solo flusso informativo dei flussi aziendali che in precedenza erano rigidamente separati. Il sistema quindi consentì di realizzare questa sintesi gestionale facendo convergere all'interno di questo database unico e centralizzato alcuni pilastri operativi fondamentali.

I pilastri citati in precedenza erano i seguenti:

- *Master Production Scheduling (MPS)*: stabilisce la quantità di prodotti finiti da erogare, andando ad incrociare le richieste dei clienti (ordini e previsioni di vendita) con le risorse reali a disposizione dell'azienda, come la disponibilità dei macchinari e delle risorse umane.
- *La Multi-Level BOM*: rappresenta il cosiddetto "albero genealogico" del prodotto quindi tutti gli step e le risorse necessarie per arrivare al prodotto finito e che successivamente potrà essere venduto. Tende quindi a mostrare la struttura gerarchica divisa per livelli. Lo scopo di questo strumento è quello di legare il prodotto finale ai semilavorati e alle singole materie prime per costruirlo.
- *Il modulo Inventory*: sistema che si occupa della gestione del magazzino in tempo reale. Registra costantemente non solo la quantità esatta di merce

fisicamente disponibile, ma tiene anche traccia dei relativi costi per unità affinché si possa effettuare una valutazione economica in tempo reale delle scorte.

- *Modulo di Purchasing e Shop Floor Control*: mettono in pratica i piani elaborati dal sistema complessivo di tutti i precedenti moduli integrati tra di loro.

Il modulo Purchasing permette di inviare le richieste di acquisto dei materiali ai fornitori esterni, mentre il secondo modulo (Shop Floor Control) pianifica e controlla l'effettivo avanzamento dei processi da eseguire all'interno dei reparti produttivi.

Per comprendere appieno come l'MRP II abbia spianato la strada all'avvento dei successivi sistemi di gestione aziendale ERP, è necessario evidenziare tutte le differenze e le peculiarità che contraddistinguono il modello seguente rispetto alla prima generazione di sistemi degli anni 70'.

Le differenze analizzate di seguito permetteranno di cogliere le tappe del continuo sviluppo di tali strumenti nel corso degli anni, mostrando come l'architettura informativa si stesse progressivamente avvicinando a una gestione a 360°, non più limitata alla sola sfera produttiva ma orientata alla totale centralizzazione delle operazioni aziendali.

L'ambito di pianificazione è sicuramente il primo dove è possibile rendersi conto delle differenze con il modello successivo, infatti, laddove l'MRP si limitava a calcolare le proposte d'acquisto per le materie prime dirette esternalizzate, l'MRP II estende il proprio raggio d'azione all'emissione e al controllo degli ordini di produzione per semilavorati e prodotti finiti, governando l'intero ciclo di trasformazione interna.

Altro cambiamento radicale riguarda il livello di integrazione aziendale; l'MRP base operava spesso come un'applicazione isolata al servizio esclusivo del magazzino. L'MRP II sardina questa frammentazione collegandosi direttamente

anche con i moduli di contabilità e finanza, ponendo le basi per una successiva unificazione e centralizzazione organizzata tipica dei sistemi ERP.

In questo frangente è stato utilizzato il termine “applicazione isolata”, molto utile per comprendere a pieno come i sistemi del decennio precedente tra cui l'MRP ponevano le divisioni e le funzioni aziendali all'interno di questi silos informativi che generavano asimmetrie informative. Tale problematica e il risvolto storico che ha portato alla risoluzione di quest'ultimo verrà analizzato in seguito.

Proseguendo nel percorso che ci presenta le principali differenze tra i due sistemi, è possibile notare come i primi sistemi tracciassero unicamente i flussi fisici e quantitativi delle merci. L'MRP II scardina questo limite introducendo il cosiddetto costo rollup. Questa metodologia consente al sistema di calcolare in automatico il costo standard di un prodotto finito compiendo un percorso dal basso verso l'alto; infatti si partiva dal prezzo di acquisto delle singole materie prime, sommando progressivamente i costi operativi dei semilavorati e della manodopera nei vari reparti fino ad arrivare al costo del prodotto finale. In questo modo, per la prima volta, la pianificazione della funzione di produzione si interfaccia direttamente con il controllo di gestione e la contabilità aziendale.

Ultima differenza che mostra a pieno lo sviluppo che il modello MRP ha ottenuto nel passaggio da MRP a MRP II fa riferimento alla natura della domanda. I primi modelli di gestione infatti, come discusso anche in precedenza, trattavano spesso i componenti di scorta e le materie prime con logiche tipiche della domanda indipendente, ovvero basandosi su previsioni statistiche separate per ogni singolo codice o sul ripristino di una scorta minima nel momento in cui il magazzino si svuotava,

L'MRP II, al contrario, si fonda in modo assoluto sul concetto opposto ovvero di domanda dipendente. In questa sfera, la domanda di componenti, semilavorati e materie prime non viene stimata in modo isolato, ma è matematicamente derivata

dal dalla domanda del prodotto finito (il quale segue una domanda indipendente dettata dal mercato esterno).

Questo significa che l'azienda smette di acquistare o produrre pezzi basandosi su dati passati e sullo storico aziendale; ma al contrario ogni singola movimentazione di magazzino o lavorazione nell'area produttiva trova la propria giustificazione nella domanda.

In ultima analisi emerge come l'MRP II non debba essere considerato come una mera formula matematica isolata, bensì come un evoluto sistema di coordinamento organizzativo.

Laddove i metodi tradizionali ottimizzavano i riordini focalizzandosi in modo isolato sul consumo del singolo codice articolo, l'MRP II si orienta verso una focalizzazione a 360° sull'intero "albero" del prodotto. Attraverso questa logica il sistema si assicura che tutti i componenti del prodotto finale siano disponibili nel momento in cui quest'ultimo viene richiesto dal mercato.

Questi aggiornamenti hanno generato un duplice beneficio per l'impresa; da un lato, contrae drasticamente i costi di mantenimento nel magazzino eliminando gli accumuli e scorte superflue per articoli che non sono stati richiesti dai clienti. Dall'altro incrementa in modo significativo la puntualità delle consegne e l'efficacia del livello di servizio garantito al cliente finale.

La maturazione del modello MRP II e la sua capacità di sincronizzare i flussi all'interno dell'area produttiva hanno gettato le basi per un'estensione del controllo informativo e di gestione che andava al di fuori dei reparti di produzione.

Questo allargamento degli orizzonti gestionali si concretizza agli inizi degli anni 90' quando si inizia a parlare e si assiste all'introduzione dei primi sistemi ERP.

Il percorso evolutivo dei sistemi di gestione e pianificazione aziendale compie un passo in avanti definitivo agli inizi degli anni 90', periodo storico in cui ormai l'architettura del MRP II era stata assorbita ed estesa all'interno dei nascenti

sistemi ERP (Enterprise Resource Planning). L'avvento di questo nuovo paradigma trasforma gli strumenti settoriali sviluppatosi in precedenza in una piattaforma di integrazione funzionale totale.

In questo periodo storico, l'MRP II cessa di essere un sistema focalizzato sul solo perimetro della fabbrica e si converte nel cuore operativo e nel motore di calcolo gestionali.

L'evoluzione verso i primi sistemi ERP si è consolidata attraverso precise direttrici strategiche:

- *Integrazione interfunkzionale*: il concetto di integrazione è un qualcosa che con la nascita dei modelli ERP si è andato a sviluppare maggiormente poiché si era compreso il valore di integrare e allineare tutte le funzioni aziendali. A differenza del modello MRP II il cui raggio d'azione era circoscritto all'area operations, i sistemi ERP erano in grado di collegare la produzione con la contabilità generale, le finanze, l'area delle vendite e la gestione delle risorse umane. Si passa quindi da avere delle mere informazioni tecniche ad avere delle informazioni e degli input di tipo economico-finanziari utilissimi per il top management, poiché consentiva loro di effettuare delle analisi sul dato; si iniziava a comprendere come il dato e le informazioni fossero un qualcosa di estremamente importante per il successo aziendale.
- *Centralizzazione dei dati*: l'adozione di un database relazionale unico ed esteso a tutti i dipartimenti permette ai moduli operativi dell'area produttiva di comunicare in tempo reale con moduli amministrativi e commerciali. Di conseguenza, ogni singola transazione fisica o movimentazione di materiale in magazzino produce un riflesso immediato e automatico sui registri contabili e sui flussi di cassa aziendali, azzerando i tempi di latenza informativi e la possibile realizzazione di asimmetrie informative.

In sintesi, i primi sistemi ERP hanno sancito il passaggio definitivo da una visione puramente orientata alla produzione a una visione olistica e sistemica dell'impresa. In questo preciso momento storico a cavallo degli anni 90' il modello MRP II non viene sostituito ma viene integrato all'interno dell'azienda con la funzione di propulsore per il coordinamento dei materiali. Anche in questa circostanza si parla di integrazione del modello MRP II con il sistema ERP che assume a tutti gli effetti il ruolo di orchestratore dell'intera strategia e dei flussi informativi aziendali.

Negli anni a seguire sempre più aziende introducevano questa tipologia di modelli gestionali e ne iniziavano a comprendere il reale valore. Ci si avvicina dunque sempre di più al contesto contemporaneo e agli anni 2000, periodo storico in cui il modello ERP era diventato ormai enormemente diffuso nella maggior parte delle aziende che avevano come scopo quello di essere al passo con l'innovazione.

Anche in questo caso però prima di arrivare al modello per come lo conosciamo oggi sono stati fatti altri step in avanti.

La metamorfosi dell'architettura ERP, infatti, non si è arrestata al consolidamento dell'integrazione e centralizzazione interfunzionale degli anni 90' bensì si è spinta ancora oltre.

Spinta dalla diffusione di Internet prima, e dall'avvento del Cloud e dell'AI poi, la piattaforma gestionale ha vissuto due macro-evoluzioni fondamentali che ne hanno ridefinito i confini e le potenzialità strategiche.

Ritornando all'analisi della linea cronologica, nei primi anni 2000 l'architettura dei sistemi di gestione ha vissuto una profonda riconsiderazione strategica, abbandonando una prospettiva incentrata esclusivamente sul perimetro interno per aprire i confini aziendali verso l'ecosistema esterno.

I primi sistemi ERP sviluppatosi a cavallo degli anni 90' soffrivano di un limite strutturale molto importante, ovvero erano definiti come dei sistemi progettati per ottimizzare esclusivamente le risorse interne all'organizzazione. Negli anni d'esordio del modello ERP questa funzionalità era ritenuta un upgrade molto

importante e soprattutto sufficiente per il contesto economico in cui operavano le aziende in quegli anni; andando avanti però non bastava esclusivamente “guardare all’interno” dell’azienda ma era necessario ampliare le proprie vedute.

La svolta avvenne a cavallo tra il 2000 e il 2001 quando nasce il modello ERP II che scardina il perimetro fisico dell’azienda e si apre verso l’esterno sfruttando anche il web per comunicare in tempo reale con la filiera (il database centralizzato non viene utilizzato solo a connettere i reparti interni ma si apre maggiormente).

Questa evoluzione si concretizza attraverso l’integrazione nativa di due moduli esterni presenti ancora oggi:

- *Supply Chain Management*: permette di estendere la pianificazione dei materiali e della produzione lungo l’intera catena di fornitura, permettendo una cooperazione con fornitori e partner logistici.
- *Customer Relationship Management (CRM)*: consente di tracciare e gestire flussi informativi relativi alla domanda del cliente finale.

Questo percorso apre la strada ai sistemi ERP odierni, piattaforme che ancora oggi si trovano in una fase di continuo sviluppo e che continueranno ad evolversi anche in futuro, generando versioni sempre più innovative e capaci di adattarsi alle reali esigenze delle aziende e al mutevole contesto economico in cui si trovano ad operare.

Nel contesto contemporaneo i sistemi ERP sono delle piattaforme capaci di elaborare moli massive di dati in frazioni di secondo.

La vera discontinuità dei sistemi odierni risiede nel passaggio da applicativi puramente transazionali (come ad esempio i predecessori del modello ERP, in cui il software si limitava a registrare le azioni compiute dall’uomo) a sistemi intelligenti e predittivi che consentono al management di effettuare anche delle analisi sui dati, questo è reso possibile grazie all’innesto dell’iAI e dei modelli generativi.

In particolare, nell'ambito della logistica, nonché oggetto di studio di questa tesi, l'integrazione dell'AI ha sbloccato capacità fino a pochi anni fa impensabili, come ad esempio il rilevamento autonomo della domanda, l'ottimizzazione della Supply Chain e soprattutto la possibilità di automatizzare alcuni processi ripetitivi nel tempo.

L'ERP contemporaneo si configura quindi come un vero e proprio "organismo pensante" aziendale, dove l'algoritmo non è più mero esecutore di calcoli matematici rigidi ereditati dal vecchio MRP, ma un partner strategico in grado di guidare attivamente i processi decisionali.

Dopo aver tracciato l'intero percorso storico dei sistemi di gestione aziendale, partendo dalle prime soluzioni degli anni '60 fino ad arrivare all'integrazione contemporanea dei modelli ERP con l'Intelligenza Artificiale, l'evoluzione tecnologica di questi strumenti appare chiara. Nei paragrafi successivi si analizzerà nel dettaglio come, a fronte di questa maturazione, i sistemi ERP riescano oggi a supportare attivamente le operazioni di gestione aziendale, focalizzando l'attenzione nello specifico sull'area della logistica e della supply chain⁶.

6: Cfr. Lambert, S. L., Calvasina, R., Bee, S., & Woodworth, D., Assembly FG: An Educational Case on MRP II Integrated within ERP, in Journal of Accounting Education, 2016.

1.2. Il superamento dei silos informativi attraverso l'integrazione dei processi: il valore di SAP per l'organizzazione aziendale.

Come accennato nel paragrafo precedente uno dei problemi più complessi riguardanti le organizzazioni, ed in particolar modo la fase di coordinamento e gestione aziendale, risiede proprio nella difficoltà del far comunicare efficacemente ed efficientemente le varie aree aziendali. Obiettivo primario è evitare che si vengano a creare delle asimmetrie informative o dei silos informativi, nonché delle dinamiche deleterie che porterebbero solo a problemi gestionali ed operativi.

Per comprendere appieno il motivo per cui i modelli di gestioni aziendali siano fondamentali per superare e per evitare che si generino tali problematiche, è di rilevante importanza definire con precisione il significato di silos informativi, analizzandone anche le problematiche concrete che portano all'interno dell'organizzazione.

Sul piano strutturale i silos informativi sono definiti come dei “confini psicologici” che creano compartimentazione e segregazione tra i dipartimenti dell'organizzazione.

L'espressione “silos” è una metafora che viene utilizzata però in questo contesto gestionale e organizzativo per spiegare a pieno l'isolamento tra le diverse parti di un'organizzazione.

Gli autori di questo studio (André de Waal, Michael Weaver , Tammy Day and Beatrice van der Heijden) evidenziano una distinzione cruciale tra la struttura fisica o organizzativa dell'impresa e l'atteggiamento mentale delle persone che vi lavorano, introducendo il concetto di “silo mentality”⁷.

Questo concetto descrive una dinamica che emerge quando i singoli gruppi, team o dipartimenti manifestano la chiara riluttanza a condividere abilità, conoscenze o informazioni con le altre aree della stessa azienda. Di conseguenza, le unità falliscono nel tentativo di agire come un'unica entità commerciale, sviluppando un

7: Cfr. de Waal, A., Weaver, M., Day, T., & van der Heijden, B., Silo-Busting: Overcoming the Greatest Threat to Organizational Performance, in Sustainability, vol. 11, n. 23, 2019, p. 6860.

atteggiamento eccessivamente isolato che genera dei comportamenti capaci di limitare la cooperazione e la collaborazione tra i confini dei vari reparti.

Un aspetto altrettanto importante è comprendere e spiegare come in realtà i silos non nascano mai con intenzioni originariamente negative; ma al contrario, la letteratura, evidenzia come essi persistano poiché interpretati spesso come soluzioni pratiche a problemi organizzativi. L'articolo redatto dagli autori precedentemente citati ne spiega la persistenza attraverso tre fattori principali:

- *Efficienze operativa*: i silos informativi offrono un modo pratico e collaudato per gestire un gran numero di persone, allocando responsabilità chiare all'interno di una struttura gerarchica;
- *Identità e sicurezza*: contribuiscono a creare delle vere e proprie "tribù culturali" all'interno delle quali i dipendenti tendono a identificarsi, sentendosi motivati e al sicuro;
- *Focus e rapidità*: danno la possibilità ad una specifica unità di concentrarsi sui propri obiettivi verticali senza subire le distrazioni o le richieste provenienti da altre unità, facilitando così decisioni rapide per quel singolo reparto.

Pur non nascendo con intenzioni originariamente negative ma per delle motivazioni volte a far funzionare al meglio l'organizzazione e soprattutto per cercare di garantire una migliore efficienza e un miglior adattamento per i dipendenti, i vantaggi iniziali lasciano il posto a profonde criticità, trasformando i silos in una delle minacce più serie per la sostenibilità e la performance aziendale. Gli impatti negativi descritti dagli autori colpiscono duramente l'organizzazione su più livelli:

- *Inibizione dell'apprendimento organizzativo*: la mancanza di uno scambio fluido e strutturato di conoscenze impedisce ai membri dell'organizzazione di intercettare, rilevare e correggere tempestivamente gli errori nei processi che genereranno dei danni per l'organizzazione e per la sua gestione.

- *Danneggiamento dell'esperienza del cliente:* Mentre il mercato si aspetta risposte e interazioni coerenti, i silos impediscono il coordinamento e l'integrazione necessari per presentare un'interfaccia unica e fluida verso l'esterno. Estremamente importante il concetto di unicità affinché venga mostrata l'organizzazione a tutti e nello stesso identico modo senza generare ulteriori distorsioni anche al mercato esterno e quindi ai clienti.
- *Generazione di conflitti e politiche interne:* l'isolamento favorisce lotte di potere, guerre di territorio e un clima di diffusa sfiducia, alimentando una reazione che spinge le persone ad attaccare ciò che è esterno e a rifugiarsi appunto all'interno del "silos".
- Le singole unità aziendali manifestano la tendenza a trattenere per sé le proprie risorse migliori e i propri talenti, anziché metterli a disposizione completa dell'intera azienda e di conseguenza di altri team dove potrebbero risultare strategicamente più utili ed efficaci per l'azienda.

In sostanza i silos informativi rappresentano un profondo paradosso organizzativo; nati originariamente per creare ordine, specializzazione e responsabilità, finiscono spesso (ormai praticamente sempre) per trasformarsi invece in barriere rigide che soffocano l'innovazione, bloccano la comunicazione inter-organizzativa e distruggono l'efficienza complessiva dell'impresa. In sostanza i silos informativi portano l'azienda ad operare non come un'entità unica e coesa bensì come un insieme non connesso di aree aziendali estremamente isolate l'una dall'altra.

Per ovviare alle profonde criticità generate dai silos informativi e ricondurre l'impresa verso una gestione sinergica e nettamente più efficiente, l'unica soluzione possibile è quella di procedere verso l'integrazione dei processi aziendali. Tale possibilità rappresenta la leva fondamentale per superare la frammentazione operativa e trasformare l'azienda in un'entità unica, fluida e coesa, definita come "one business".

Questo percorso di allineamento verso una gestione maggiormente unificata e sinergica viene declinato attraverso alcuni pilastri chiave:

- *Il Collaborative Operating Model*: l'integrazione viene inserita in un sistema di gestione in cui l'infrastruttura sociale, organizzativa e conoscitiva dell'azienda è progettata per facilitare la cooperazione tra i vari reparti. Dal punto di vista prettamente tecnico, questo modello richiede l'unificazione sistematica dei flussi di lavoro, l'adozione di standardizzazione e una pianificazione interdipendente, che costringa le diverse unità a definire i propri obiettivi in modo simultaneo e non conflittuale.
- *La pianificazione End to End*: un punto cruciale riguarda la necessità di un coordinamento che copra l'intera catena del valore senza soluzione di continuità. L'integrazione dei processi permette infatti una pianificazione e una previsione accurata di tipo end to end, capace di connettere nativamente lo sviluppo prodotti, le vendite, la logistica e la produzione. Questo livello di visibilità garantisce una consapevolezza precoce di eventuali anomalie o dei problemi che si verificano in un qualsiasi punto della filiera interna, sfruttando quindi un clima di trasparenza e fiducia reciproca tra le varie unità aziendali⁸.

Il ruolo della tecnologia è sicuramente di forte rilevanza, infatti l'allineamento organizzativo non può prescindere da una solida infrastruttura informatica. Come si è potuto apprendere in precedenza ripercorrendo la storia dei vari modelli di gestione aziendale, si evince la cruciale importanza di installare una piattaforma IT comune e di adottare sistemi informativi condivisi in tutte le unità organizzative al fine di facilitare lo scambio dati fra i reparti. Si inizia quindi a capire come l'integrazione sia alla base di una solida gestione aziendale che vada incontro alle esigenze del cliente e della dinamicità del mercato.

In conclusione è facilmente deducibile come l'integrazione sia un requisito fondamentale per diventare un'organizzazione ad alte prestazioni.

8: Cfr. Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J., Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group, Frankfurt, Acatech, 2013.

Nel framework HPO (High Performance Organizations), il fattore legato al miglioramento continuo e al rinnovamento (Continuous Improvement and Renewal) richiede che i processi siano continuamente migliorati, semplificati e soprattutto allineati affinché non si creino delle asimmetrie informative. A seguito di uno studio è possibile notare come le imprese che ottengono i punteggi più elevati in termini di integrazione mostrano una maggiore efficienza decisionale grazie a flussi informativi aperti, una netta riduzione degli errori operativi dei dipendenti (poiché sono agevolati da una chiara comprensione del contesto aziendale e da una forte capacità del comunicare e coordinarsi tra i vari reparti) e un'esperienza cliente coerente, che evita la trasmissione di messaggi contrastanti al mercato offrendo un'interfaccia unica.

Sebbene i modelli organizzativi e il framework HPO delineino con precisione l'importanza strategica della trasparenza e dell'allineamento, l'effettiva transizione verso il modello di "one business" richiede un'infrastruttura tecnologica capace di supportare, automatizzare e standardizzare tali flussi informativi. Nel panorama dei sistemi gestionali, la risposta scientifica e applicativa a questa esigenza è rappresentata dalla suite SAP in particolar modo dal modello S/4HANA, intesa non come un semplice software aziendale bensì come un ERP di nuova generazione progettato per fungere da vero e proprio cuore tecnologico nell'era dell'industria 4.0⁹.

SAP consente di guidare la transizione naturale verso l'automazione dei processi industriali; dal punto di vista strutturale, l'elemento di rottura rispetto ai sistemi legacy tradizionali (come anche alcuni modelli datati di ERP o alcune versioni precedenti di SAP) risiede nella capacità del nuovo sistema di consolidare ed elaborare enormi volumi di dati operativi in tempi estremamente brevi, sfruttando la potenza delle informazioni in tempo reale rese note a tutti i reparti e delle analisi avanzate¹⁰.

A conferma del fatto che affinché all'interno di un ecosistema aziendale si debba procedere verso la via dell'integrazione, l'architettura di SAP S/4HANA risponde

9: Cfr. Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Hoppel, M., & Wahlster, W., Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies (acatech STUDY), Munich, Herbert Utz Verlag, 2017.

10: Cfr. Koch, T., & Windsperger, J., Seeing through the network: Competitive advantage in the digital economy, in Journal of Organization Design, vol. 6, n. 1, 2017.

punto per punto ai pilastri riguardanti l'integrazione precedentemente analizzati, operando attraverso meccanismi tecnici ben definiti:

- *Interconnessione IoT e sistemi Cyber-Fisici (CPS)*: Il sistema si interfaccia direttamente con i dispositivi e i sensori presenti nelle linee di assemblaggio. Questo consente di monitorare costantemente, e in tempo reale, lo stato dell'inventario, delle attrezzature e delle fasi di lavorazione, traducendo il "Collaborative Operating Model" in una realtà strutturale¹¹.
- *Generazione di un flusso di dati unico*: Per sradicare uno dei più grandi problemi della gestione aziendale affrontato ed analizzato anche in precedenza, ovvero i silos, SAP elimina la duplicazione delle informazione alla radice. Ogni reparto (dalle vendite alla logistica, fino alla parte di produzione e contabilità) opera sulla stessa identica base di dati unificata e centralizzata garantendo l'unicità e l'integrità del dato aziendale¹².
- *Analisi predittiva e scalabilità Cloud*: Sfruttando un'architettura cloud flessibile, il sistema applica algoritmi di Intelligenza artificiale e Big data alle informazioni provenienti dalle macchine (una frontiera estremamente innovativa ma attuale che verrà affrontata anche nei paragrafi successivi di questo elaborato). Ciò permette, ad esempio, di determinare autonomamente quando un impianto necessita di manutenzione (in modo predittivo) e di identificare il momento ottimale per la produzione di uno specifico lotto, ottimizzando l'efficienza.

Questo impianto tecnologico genera un valore strategico per l'impresa che sposa appieno le logiche del "silo-busting", agendo come un vero e proprio catalizzatore per il superamento della frammentazione organizzativa. L'integrazione fornita da SAP apporta infatti un beneficio che va ben oltre il semplice miglioramento tecnico, impattando l'assetto del business attraverso precise direttrici chiave che ridefiniscono l'efficienza e la cultura stessa dell'impresa.

In primo luogo, l'unificazione dei processi e comunque la realizzazione di una base di dati centralizzata, non si limita solo ed esclusivamente a connettere terminali

11: Cfr. Min, X., David, J. M., & Kim, S. H., The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges, in International Journal of Financial Research, vol. 9, n. 2, 2018, pp. 90-95.

12: Cfr. Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S., Industry 4.0: Building the digital enterprise, PwC Strategy & LLC, 2016.

informatici, ma impone un profondo cambiamento culturale in grado di supportare ed incentivare l'interazione interfunzionale. Operando in modo da rendere completamente trasparente e visibili i flussi operativi, si abbattano le barriere storiche e i colli di bottiglia tra le diverse funzioni, favorendo un dialogo informativo continuo e bidirezionale tra la produzione, l'ufficio acquisti, la logistica e l'area vendite; evitando quindi rallentamenti e perdite di efficienza dovute alle difficoltà di gestione aziendale.

A questo primo valore aziendale si collega direttamente la realizzazione di una produzione reattiva il cui valore strategico è collegato alla capacità di rispondere con estrema rapidità alle continue variazioni e turbolenze del mercato. Questo è reso possibile grazie all'allineamento dei dati in tempo reale, infatti l'azienda ha la possibilità di acquisire l'agilità necessaria per adattare tempestivamente i metodi e i ritmi produttivi alle specifiche esigenze dei clienti, riducendo drasticamente i tempi di consegna e gestendo con successo ordini sempre più complessi e personalizzati. Oggigiorno, come è stato possibile dedurre dal contesto storico analizzato nel paragrafo precedente, è difficile trovare una domanda standardizzata o identica per tutti i clienti; diviene quindi necessario riuscire a soddisfare le differenti richieste e personalizzazioni¹³.

Sul piano strettamente operativo, il sistema mostra l'abilità di trasformare i dati puramente esecutivi in informazioni strategiche di alto livello, ideali per supportare l'intero processo decisionale del management. Questa visibilità permette di minimizzare i tempi di inattività attraverso la manutenzione preventiva e predittiva degli impianti, ottimizzando l'uso complessivo delle risorse e riducendo drasticamente i costi di produzione.

In conclusione, l'integrazione di SAP si configura come la piattaforma abilitante che trasforma i dati operativi in asset strategici di alto livello. Permettendo all'organizzazione di operare finalmente come un'entità unica, agile, coesa e interconnessa.

13: Cfr. Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M., How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, in International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, vol. 8, n. 1, 2014.

1.3. L'impatto di SAP sui processi decisionali e sull'efficienza delle operazioni.

La centralizzazione dei flussi informativi e il conseguente abbattimento dei silos organizzativi non esauriscono assolutamente il valore strategico e gestionale che una piattaforma ERP di nuova generazione apporta al contesto aziendale. Infatti il vero valore dei seguenti modelli non risiede solo nella possibilità di rimuovere delle barriere tra le unità organizzative dell'impresa; il vero salto di qualità per l'organizzazione sta nella capacità di valorizzare a pieno il patrimonio informativo accumulato. In sostanza con l'implementazione dei modelli ERP nella gestione aziendale prende sempre più rilevanza il concetto di dato non solo per andare ad effettuare quelle che comunemente venivano definite analisi storiche ma anche per guardare al futuro e per migliorare e innovare completamente il processo decisionale rendendolo sempre più efficiente e dinamico.

Per avere un quadro completo è necessario definire cos'è il processo decisionale in ambito manageriale; il processo decisionale viene definito come il percorso cognitivo, informativo ed economico attraverso cui i decisori identificano un problema o un'opportunità, raccolgono ed elaborano le informazioni necessarie affinché possano valutare al meglio le possibili linee d'azione alternative al fine di scegliere la soluzione ottimale per conseguire quelli che sono gli obiettivi aziendali¹⁴.

Il processo decisionale moderno però, ha subito una trasformazione fondamentale, evolvendo da sistemi di pura gestione transazionale delle risorse a piattaforme guidate dall'intelligenza del dato.

Sotto il profilo storico e tecnologico, come anche già analizzato nei paragrafi precedenti, l'architettura dei modelli ERP si è articolata attraverso tre macro fasi evolutive¹⁵:

- Un primo stadio compreso tra il 1990 e il 2005, si è focalizzato solo ed esclusivamente sull'integrazione operativa e sulla standardizzazione dei processi.

14: Cfr. Simon, H. A., *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*, New York, Macmillan, 1947.

15: Cfr. Laudon, K. C., & Laudon, J. P., *Management Information Systems: Managing the Digital Firm*, 16ª ed., Boston, Pearson, 2020.

- Nel decennio successivo quindi idealmente dal 2006 al 2015, sono stati introdotti degli strumenti di Business Intelligence che hanno dato modo all'organizzazione di effettuare le prime forme di analisi descrittiva avanzata.
- Dal 2016 ad oggi invece è qui che si colloca la vera rivoluzione, con l'avvento dell'automazione guidata anche dall'Intelligenza Artificiale;

In queste tre macro fasi è possibile notare come si cerca di sfruttare al meglio i sistemi ERP a 360° per l'azienda e non solo per centralizzare ed integrare.

Oggi è possibile assistere al passaggio dall'elaborazione dei dati alla capacità di generazione della conoscenza, in cui il sistema non si limita a riportare retrospettivamente ciò che è accaduto, ma suggerisce attivamente le decisioni strategiche ottimali. Questa evoluzione trasforma il decision making da un'attività basata su report storici e sull'intuito manageriale a una capacità proattiva e lungimirante fondata su rigorose evidenze quantitative. In sostanza si dà la possibilità al management di lavorare su dati forniti talvolta in modo automatico dai modelli ERP che li consentono di effettuare valutazioni o di prendere decisioni che prima erano nettamente più complesse da prendere poiché non vi era questa centralizzazione del dato e quest'ultimo non veniva sfruttato come indicatore di performance predittivo.

In questo nuovo paradigma, le analisi predittive si configurano come una competenza necessaria per traghettare l'impresa verso un approccio strategico e proattivo, rimodellando radicalmente la gestione del rischio e la pianificazione finanziaria.

Sul piano della governance interna, la capacità di anticipare gli scenari consente un monitoraggio preventivo delle conformità, permettendo alle organizzazioni di identificare potenziali anomalie o criticità finanziarie prima che esse si tramutino in sanzioni normative o perdite di capitale. Questa precisione è supportata dall'integrazione di algoritmi di intelligenza artificiale applicati alla contabilità, i

quali, esaminando in tempo reale gli indicatori macroeconomici e i flussi storici interni (dati) sono in grado di prevedere le fluttuazioni del cash flow, incrementando l'accuratezza dei report finanziari di circa il 30%. E' facilmente deducibile come attraverso l'integrazione, la condivisione del dato e soprattutto il centralizzare il dato come un'informazione non fine a se stessa ma su cui effettuare degli studi e delle analisi, dà la possibilità all'impresa non solo di effettuare analisi predittive e di prendere decisioni più "sicure", ma permette anche di evidenziare dei problemi aziendali possibili ed evitare che questi ultimi si verifichino bloccandoli sul nascere. Questo è ovviamente reso possibile dai sistemi ERP che permettono in tempo reale di sfruttare i dati e le informazioni ed allo stesso tempo di non far mancare la centralizzazione e la coordinazione tra le varie unità organizzative.

Un'analoga capacità di rottura si registra sul fronte del risk management applicato alla sicurezza transazionale: a differenza delle metodologie statiche e consuntive del passato, i modelli predittivi scansiano i flussi finanziari in tempo reale per intercettare pattern sospetti, innalzando il tasso di rilevamento delle frodi oltre la soglia del 95% e offrendo una tutela senza precedenti all'integrità del patrimonio aziendale¹⁶.

La traduzione operativa di tali potenzialità richiede però l'adozione di architetture tecnologiche d'avanguardia che vadano oltre il tradizionale data processing esecutivo. Tra questi sistemi spicca SAP, che risponde a queste esigenze gestionali implementando le cosiddette funzionalità analitiche avanzate integrate in modo nativo nei processi di business.

I Big Data Analytics permettono di setacciare immensi volumi di dati eterogenei per mappare ed eliminare le inefficienze nella catena di approvvigionamento nella gestione della forza lavoro e nelle relazioni con la clientela¹⁷. Su un gradino ancora più in alto si collocano gli algoritmi di Machine Learning, la cui caratteristica distintiva risiede nella capacità di apprendere continuamente dai nuovi flussi

16: Cfr. Pohrib, S. D., Goga, A. S., & Pişla, A. (2025). Smart ERP Systems – From Data to Decisions. Proceedings of the 19th International Conference on Business Excellence.

17: Cfr. Davenport, T. H., Big Data at Work: Dispelling the Myths, Uncovering the Opportunities, Boston, Harvard Business Review Press, 2014.

operativi, adattando dinamicamente i modelli di rilevamento delle anomalie a minacce ed evoluzioni di mercato sempre più sofisticate.

Per la gestione di contesti altamente complessi, una tecnologia di frontiera è rappresentata dal Deep Reinforcement Learning applicato, alla supply chain¹⁸. Svincolandosi dai rigidi modelli previsionali statici, questa tecnologia regola in autonomia e in tempo reale i livelli di inventario e le strategie logistiche sulla base del mutamento delle variabili ambientali ed esterne, garantendo una contrazione dei costi medi di stoccaggio pari al 18,3%. Infine, la contestualizzazione delle informazioni è completata dai sistemi di Natural Language Processing, essenziali per convertire i dati non strutturati contenuti in e-mail, contratti e documenti di audit in conoscenza strutturata e azionabile dai decisori aziendali.

Questo quadro tecnologico, che delinea le frontiere dell'analisi avanzata e dell'analisi predittiva, dimostra come l'ERP sia evoluto da mero contenitore di dati storici a un vero e proprio motore cognitivo capace di semplificare la complessità decisionale. La transizione verso una gestione proattiva e strategica non si traduce, pertanto, in una semplice automazione computazionale, ma in una riconcettualizzazione dei framework manageriali, dove i dati grezzi vengono sistematicamente convertiti in conoscenza azionabile e vantaggio competitivo.

L'impatto di questo sistema ERP si manifesta con forza nelle dinamiche competitive dei singoli settori industriali, dove l'efficienza delle operazioni si fonde con la tempestività della scelta strategica. Nel comparto del retail, l'incrocio predittivo dei dati storici e delle tendenze di consumo consente di anticipare la domanda dei mercati locali, ottimizzando la distribuzione geografica delle scorte e minimizzando sia i costi di magazzino sia il rischio di rotture di stock¹⁹.

È tuttavia nel settore logistico e della supply chain che l'integrazione di sistemi ERP intelligenti trasforma radicalmente il processo decisionale, generando benefici quantificabili che superano la semplice gestione dei flussi. L'applicazione dell'intelligenza artificiale consente un'ottimizzazione dinamica dei percorsi basata

18: Cfr. Sutton, R. S., & Barto, A. G., Reinforcement Learning: An Introduction, 2ª ed., Cambridge, MIT Press, 2018.

19: Cfr. Pohrib, S. D., Goga, A. S., & Pisla, A. (2025)

su variabili in tempo reale quali modelli di traffico, distanze e consumi di carburante, determinando una contrazione dei costi di trasporto stimata tra il 15% e il 20%. A ciò si aggiunge l'integrazione nativa con sensori Internet of Things (IoT), che permette di monitorare i livelli delle scorte in tempo reale e di automatizzare il rifornimento dell'inventario sulla base di soglie predeterminate e previsioni algoritmiche della domanda, strutturando una catena di approvvigionamento reattiva esente da interventi manuali. Per le imprese operanti su scala internazionale, la piattaforma consente inoltre di sincronizzare la logistica globale, coordinando simultaneamente le attività di approvvigionamento, produzione e distribuzione tra diversi continenti.

Lo studio evidenzia infatti una correlazione statistica significativa ($R^2 = 0,73$) tra il successo dell'integrazione ERP e la presenza di solidi framework di gestione qualitativa del dato. Solo garantendo la standardizzazione e la pulizia dei flussi informativi all'interno di un'unica fonte di verità, l'azienda può scongiurare il rischio di alimentare algoritmi con dati distorti, trasformando l'investimento tecnologico in un effettivo incremento dell'efficienza. Le analisi predittive e avanzate, quindi, non si configurano come una semplice addizione di moduli software, ma rappresentano una profonda riconcettualizzazione dei framework decisionali, capace di convertire il dato grezzo in conoscenza strategica per guidare l'impresa verso una performance d'eccellenza nell'economia globale²⁰.

Alla luce di quanto finora esposto, emerge chiaramente come, a partire dagli anni Sessanta con la nascita dei primi modelli di gestione aziendale, questi strumenti abbiano vissuto una profonda trasformazione per restare al passo con le continue evoluzioni del mercato, delle organizzazioni e delle aspettative dei clienti. All'inizio, lo sforzo principale si è concentrato sull'abbattimento di quelle barriere storicamente radicate tra i vari reparti, puntando a centralizzare le attività. L'obiettivo era quasi intuitivo: creare una reale condivisione e un coordinamento tra le diverse aree per dare una spinta decisiva all'efficienza interna.

20: Cfr. Christopher, M., Logistics & Supply Chain Management, 5ª ed., London, Financial Times Publishing, 2016.

Con il passare del tempo e la progressiva maturazione dei modelli ERP, è apparso però evidente come queste piattaforme non potessero più essere considerate come un semplice “database unico” in cui far confluire e custodire i dati di tutta l'azienda. Fermarsi a questa visione puramente tecnica e archivistica sarebbe stato riduttivo, poiché avrebbe finito per nascondere le reali e ben più profonde potenzialità strategiche che questi sistemi sono in grado di esprimere.

Sulla scorta delle considerazioni sin qui delineate, emerge chiaramente come l'evoluzione tecnologica abbia guidato un passaggio cruciale; dalla mera centralizzazione delle informazioni si è giunti alla capacità di valorizzare i flussi emessi da tutti i reparti dell'organizzazione, trasformandoli in un patrimonio informativo strategico. Come si è potuto evincere dall'analisi effettuata in questo paragrafo, tali dati assumono un'importanza sempre più centrale. Essi non si limitano più a supportare valutazioni storiche, necessarie a comprendere il raggiungimento degli obiettivi prefissati, ma diventano la base per elaborazioni analitiche avanzate. Lo studio e l'analisi predittiva di queste informazioni permettono infatti di anticipare gli scenari futuri, offrendo un supporto decisionale senza precedenti ai vari livelli manageriali. Nell'ultimo decennio, i modelli ERP sono stati progressivamente orientati verso questa direzione, massimizzando l'utilità del dato a livello organizzativo. Su queste basi, il paragrafo successivo porrà l'attenzione su un ulteriore e rivoluzionario sviluppo di tali architetture: l'integrazione nativa con l'Intelligenza Artificiale. Tale convergenza tecnologica offre oggi ai decisori aziendali la possibilità di compiere analisi complesse in pochissimi istanti (laddove in passato sarebbero stati necessari giorni di elaborazione), collocando la capacità di analisi del dato non più come un'attività sporadica o legata alla contingenza, ma come un processo continuo, strutturato e pervasivo all'interno dell'intera governance d'impresa.

1.4. Le nuove frontiere dell'integrazione: Industria 4.0 e il ruolo dell'Intelligenza Artificiale nei sistemi ERP.

La transizione verso l'industria 4.0 e la conseguente nascita del Management 4.0 non rappresentano esclusivamente un'evoluzione tecnica e isolata dei fattori della produzione, bensì una ristrutturazione profonda e radicale dei framework che governano l'impresa moderna. Questo cambiamento di paradigma trova origine da una complessa convergenza di trasformazioni macroeconomiche, culturali e tecnologiche che hanno reso obsoleti i modelli gerarchici di stampo novecentesco, imponendo la necessità di strutture organizzativa agili, iper-connesse e intrinsecamente orientate alla valorizzazione strategica della conoscenza.

L'attuale scenario competitivo globale è attraversato da cambiamenti rapidi e profondi, caratterizzati da un'accelerazione senza precedenti, da incertezze ambientali crescenti e da una fitta rete di interconnessioni tra attori eterogenei. Tali elementi di discontinuità strutturale richiedono lo sviluppo di sistemi adattivi complessi, capaci di internalizzare la complessità ambientale per accrescere la propria resilienza strategica e operare in modo efficace in condizioni di perenne mutamento.

In questo contesto di radicale ripensamento, l'industria 4.0 si configura come l'ultima grande rivoluzione industriale, un processo trasformativo che impatta l'interezza dei processi aziendali attraverso l'integrazione di tecnologie progettate per facilitare la cosiddetta "smart transformation". A differenza delle precedenti rivoluzioni industriali e conseguenti ondate tecnologiche, focalizzate sulla meccanizzazione o sull'automazione, la quarta rivoluzione industriale si distingue in modo netto per la capacità di basare i flussi decisionali su volumi informativi massivi generati in tempo reale e per il coinvolgimento diretto delle macchine e degli algoritmi quali veri e propri partner nelle scelte operative e strategiche delle varie organizzazioni.

Per comprendere appieno la portata di questo cambiamento scientifico-gestionale, è essenziale condurre una disamina storica dell'evoluzione del pensiero organizzativo mappata nel seguente modo.

La fase originaria, definita di Pre-Management 1.0, antecedente alla prima rivoluzione industriale, si caratterizzava per un'autorità autocratica concentrata in singole figure e per una conduzione degli affari fortemente influenzata da dogmi e norme culturali rigide.

Con l'avvento della prima e della seconda rivoluzione industriale si assiste alla nascita del Management 1.0, periodo in cui l'autorità si formalizza attraverso canali burocratici rigidi e centralizzati. Questo modello, profondamente legato al paradigma tayloristico e fordista, nega qualsiasi autonomia decisionale alla base operativa, concentrando il monopolio delle scelte nelle funzioni di vertice e sostituendo l'azione umana con esecuzioni meccaniche e standardizzate (questo al fine di conseguire economie di scala e di aumentare continuamente l'efficienza all'interno delle organizzazioni, poiché standardizzando sempre di più i processi aziendali gli operatori diventavano sempre più specializzati e di conseguenza più esperti ed efficienti nel svolgere tale mansione. Si parla anche di economia di specializzazione).

La successiva evoluzione verso il Management 2.0 introduce per la prima volta una parziale decentralizzazione dell'autorità, mediata dalla necessità di gestire flussi informativi più complessi. Il potere direzionale si attenua attraverso la nascita di organi di staff e comitati, ridefinendo il manager come un "facilitatore dei processi negoziali interni" piuttosto che come un mero supervisore. Si inizia a comprendere in sostanza che, avere tutti i processi standardizzati/centralizzati, dove ciascun membro dell'organizzazione sapeva svolgere e svolgeva solo ed esclusivamente la propria mansione senza neanche cooperare con le varie unità organizzative, stava diventando un qualcosa di limitante e non più attuale per il contesto macroeconomico in cui si stava operando.

La terza ondata, identificabile con il Management 3.0, attua una redistribuzione orizzontale parcellizzata della responsabilità decisionale tramite metodologia agile. In questa fase, il controllo si sposta dal singolo manager ai team auto organizzati, dove l'autorità formale viene sostituita dalla competenza tecnica diffusa e dai canali di comunicazione. Questa fase di Industria 3.0 viene definita anche come fase di digitalizzazione, si inizia a comprendere come i sistemi digitali e sempre più innovativi possano dare un enorme supporto anche dal punto di vista della semplice gestione dei dati e condivisione di quest'ultimi in tempo reale. Inizialmente questo era utile per un'organizzazione gestionale maggiore (In questa fase è possibile notare l'avvento dei primi sistemi ERP considerati come un database unico e centralizzato).

Il traguardo contemporaneo è rappresentato dal Management 4.0 un ecosistema in cui l'architettura dei flussi aziendali subisce una transizione senza precedenti: il monopolio umano della scelta strategica viene scardinato dall'emergere dell'autorità algoritmica, configurando una relazione in cui i sistemi intelligenti operano come nodi decisionali autonomi all'interno della rete organizzativa²¹.

L'impalcatura ingegneristica e concettuale che sostiene la transizione verso l'intelligent enterprise poggia su dieci pilastri tecnologici fondamentali, i quali operano in modo sinergico all'interno dei moderni sistemi informativi integrati. Al centro di questa architettura si collocano i sistemi cyber-fisici, ovvero strutture computazionali strettamente integrate che agiscono come ponti tra il mondo virtuale e la realtà fisica, accoppiati in oltre all'internet delle cose (IoT). La gestione di questa mole impressionante di informazioni richiede l'adozione di architetture di Big Data Analytics e di Cloud Computing, necessarie per l'acquisizione, l'archiviazione remota e l'elaborazione predittiva di volumi informativi massivi, altrimenti ingovernabili con strumenti tradizionali.

Ad oggi all'interno di questi flussi si inserisce l'Intelligenza Artificiale, la quale trasferisce caratteristiche cognitive umane alle macchine tramite simulazioni avanzate e algoritmi di apprendimento automatico. Ulteriore aggiornamento

21: Cfr. Oswald, J., & Müller, B. (2018). Management 4.0: Handbuch für die digitale Transformation. Berlin: Springer Gabler, pp. 45-62.

avviene con l'introduzione di tecnologie di realtà aumentata e simulazione (impiegate per armonizzare i modelli virtuali con la realtà operativa e visualizzare i dati sul campo). In particolare la simulazione è un qualcosa sicuramente di innovativo e che consente all'area di gestione organizzativa, ancor prima di prendere una decisione, di capire cosa avverrà qualora si dovesse seguire una determinata strada. Questo è indubbiamente uno step ulteriore che consente ai manager di avere pur sempre una responsabilità elevata nel definire l'alternativa migliore, ma supportata dalla tecnologia che in questo contesto storico di Industria 4.0 va vista come un elemento che lavora al fianco dei manager²².

La convergenza di questi dieci pilastri all'interno dei sistemi di pianificazione delle risorse d'impresa (ERP) determina una riconfigurazione delle cinque funzioni manageriali classiche:

- *Pianificazione*: la pianificazione aziendale abdica definitivamente ai modelli statici basati su previsioni storiche per andare incontro all'autonomia prescrittiva degli algoritmi. L'integrazione di sistemi di AI consente ai sistemi ERP di generare automaticamente piani di contingenza alternativi in risposta a shock esogeni di mercato, calibrando gli obiettivi strategici in tempo reale senza la necessità di un input umano continuo ed eliminando i bias cognitivi tipici del decisore tradizionale.
- *Organizzazione*: sotto il profilo organizzativo, le piattaforme ERP integrate con AI ridefiniscono i confini strutturali attraverso una totale decentralizzazione dell'architettura informativa. Il sistema si riconfigura come un tessuto connettivo flessibile e auto-organizzante, all'interno del quale la allocazione delle risorse materiali e umane viene orchestrata in modo dinamico dall'algoritmo, che assegna task e carichi di lavoro ottimizzando autonomamente i flussi operativi.
- *Coordinamento*: la funzione di coordinamento sperimenta la scomparsa delle barriere inter-funzionali e dell'abbattimento dei silos informativi,

22: Cfr. Schwab, K. (2017). The Fourth Industrial Revolution. New York: Crown Business, pp. 12-28.;

Cfr. McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2018). Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future. New York: W. W. Norton & Company, pp. 68-89

grazie all'interoperabilità autonoma machine to machine. I diversi moduli dell'ERP scambiano informazioni ed eseguono transazioni interfunzionali in modo nativo e automatizzato, estendendo i meccanismi di sincronizzazione oltre il perimetro aziendale al fine di ottenere risposte proattive e coordinate lungo l'intera rete di fornitura globale.

- *Leadership*: anche la leadership subisce una mutazione radicale, liberandosi dalle incombenze legate alla micro gestione e alla convalida dei processi transazionali di routine, interamente assorbiti dall'autonomia dell'ERP. Il manager evolve così la sua posizione da controllore delle operazioni a un custode della cultura d'impresa e dello sviluppo dei talenti.
- *Controllo*: La funzione di controllo transita da un modello ispettivo di tipo reattivo e basato su scostamenti storici a un paradigma di smart auditing continuo e self-correcting. Il sistema ERP monitora l'integrità dei flussi aziendali e, qualora rilevi anomalie o deviazioni rispetto ai parametri stabiliti, interviene in autonomia per applicare azioni correttive immediate sui processi, notificando al management l'avvenuta risoluzione del rischio²³.

Questa profonda riconfigurazione dei processi gestionali impone un mutamento radicale dei requisiti richiesti alle risorse umane, spostando il focus dalle competenze esclusivamente tecniche e specializzate, verso un articolato set di competenze cognitive e relazionali (non si seleziona più solo ed esclusivamente chi ha determinate hard skill per ricoprire un ruolo). Infatti al capitale umano odierno è richiesta una solida data literacy, intesa come la capacità di saper lavorare sul dato e quindi di interpretare, contestualizzare e tradurre in decisioni strategiche i risultati che gli algoritmi hanno generato. Tutto questo associato anche a un pensiero integrativo e ad una spiccata attitudine all'apprendimento continuo, questo perché il contesto in cui operano le organizzazioni cambia in modo estremamente dinamico e con esso anche il modo di operare a livello inter-organizzativo. L'impresa non si limita quindi a impiegare la forza lavoro, ma la coinvolge attivamente nei processi decisionali mediati dalla tecnologia,

23: Cfr. Zheng, P., et al. (2018). Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives. *Frontiers of Mechanical Engineering*, pp. 137-150

valorizzando l'empatia, lo spirito critico e la capacità di collaborare con le macchine²⁴.

Un ulteriore orizzonte strategico del Management 4.0 risiede nel legame con la sostenibilità. L'integrazione dell'intelligenza artificiale nei sistemi ERP eleva la sostenibilità da vincolo normativo a driver di ottimizzazione dell'architettura aziendale. L'ERP gestisce in modo integrato i trade-off tra performance finanziarie e impatto ecologico, governando autonomamente i cicli di vita dei materiali e i profili di consumo energetico dell'infrastruttura.

In conclusione, l'evoluzione verso il Management 4.0 impone ai leader moderni di abbandonare le logiche del controllo centralizzato e del comando verticale. Soltanto superando le resistenze culturali ed estendendo le capacità analitiche delle macchine, l'impresa potrà completare la propria metamorfosi in un'autentica Intelligent enterprise garantendo un vantaggio competitivo sostenibile e duraturo all'interno del complesso e interconnesso scenario dell'economia digitale contemporanea.

24: Cfr. Davenport, T. H. (2014). *Big Data at Work: Dispelling the Myths, Uncovering the Opportunities*. Boston: Harvard Business Review Press, pp. 154-168.

2.1. L'area della Supply Chain: criticità gestionali e impatto delle asimmetrie informative.

Prima di analizzare le criticità gestionali e le dinamiche competitive che caratterizzano i moderni network del valore, è necessario definire in modo estremamente chiaro l'oggetto di studio in questione, in questo caso la supply chain.

Nella letteratura economico-manageriale e nella prassi aziendale, il termine *Supply chain* (catena di approvvigionamento o filiera) non identifica un'entità statica o una semplice sequenza lineare di compravendite, bensì un sistema complesso e dinamico.

La definizione più autorevole e universalmente riconosciuta a livello internazionale è quella formulata dal Council of Supply Chain Management Professionals, secondo cui la Supply chain racchiude la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nell'approvvigionamento, nella conversione e in tutte le attività di gestione della logistica. Fondamentalmente, tale accezione include anche il coordinamento e la collaborazione con i partner di canale, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi terzi e clienti²⁵.

Da un punto di vista strettamente strutturale, la Supply chain viene definita come un insieme di tre o più entità (organizzazioni o individui) direttamente coinvolti nei flussi logistici a monte e a valle di prodotti, servizi, finanze e informazioni dalla fonte originaria fino al cliente finale. Inoltre è possibile identificare tre livelli di complessità strutturale di questa catena di approvvigionamento:

- *Supply chain Diretta*: composta esclusivamente dall'azienda principale, da un fornitore immediato a monte e da un cliente finale immediato a valle.
- *Supply chain Estesa*: in questo caso vengono inclusi anche i fornitori dei fornitori immediati i cosiddetti fornitori di secondo livello, e i clienti dei

25: Cfr. CSCMP. (2023). *Supply Chain Management Terms and Glossary*. Lombard: Council of Supply Chain Management Professionals, pp. 1-15.

clienti diretti (clienti di secondo livello), ampliando quindi l'orizzonte di visibilità del flusso.

- *Supply chain Ultimate*: rappresenta la totalità del network e include tutte le organizzazioni coinvolte nei flussi d'integrazione a monte e a valle, compresi i fornitori di servizi finanziari, le società di logistica conto terzi e i provider tecnologici²⁶.

Sotto il profilo dei processi, il Global Supply Chain Forum propone un approccio complementare, definendo il Supply chain management come l'integrazione dei processi aziendali chiave dal consumatore finale attraverso i fornitori originari che forniscono prodotti, servizi e informazioni che aggiungono valore per i clienti e gli altri stakeholder. Questo modello mappa la Supply chain non attraverso le singole funzioni, ma attraverso dei macro-processi interfunzionali (tra cui la gestione delle relazioni con i clienti, la gestione del servizio clienti, la gestione della domanda, l'evasione degli ordini e la gestione dei flussi produttivi).

In sintesi per concludere la definizione teorica di Supply chain, quest'ultima emerge come un'architettura multidimensionale caratterizzata dalla compresenza e dalla sincronizzazione di tre flussi fondamentali:

- *Il flusso fisico/materiale*: diretto prevalentemente a valle (dalle materie prime al prodotto finito), ma con importanti flussi di ritorno a monte come ad esempio resi, logica inversa, riciclo).
- *Il flusso informativo*: strutturato in modo bidirezionale e simultaneo, imprescindibile per l'allineamento della pianificazione, la trasmissione degli ordini e la riduzione delle asimmetrie operative.
- *Il flusso finanziario/monetario*: diretto prevalentemente a monte (dal cliente finale ai fornitori lungo i vari livelli di sub-fornitura) attraverso i cicli di fatturazione e pagamento²⁷.

26: Cfr. Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001). Defining Supply Chain Management. *Journal of Business Logistics*, 22(2), pp. 1-25.

27: Cfr. Chopra, S., & Meindl, P. (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Boston: Pearson, pp. 45-62.

E' proprio la natura interconnessa di questi tre flussi che eleva la filiera da mero supporto operativo e logistico a leva strategica centrale; motivo per il quale diventa ormai rilevante considerare la supply chain come un qualcosa da gestire al meglio per ottimizzarne i flussi ed il funzionamento. Si vedrà in seguito come i modelli ERP riescano ad effettuare questo upgrade nella catena del valore aziendale così da ottenere riscontri estremamente positivi.

Nel panorama macroeconomico contemporaneo infatti, la fisionomia delle operazioni aziendali ha subito un grosso cambiamento strutturale. La Supply chain non viene più interpretata, come accennato in precedenza, come una mera sommatoria di attività operative e frammentate, quali il trasporto e lo stoccaggio fisico delle merci, bensì come un asset strategico fondamentale e interconnesso, imprescindibile per la determinazione del vantaggio competitivo sostenibile d'impresa.

Tradizionalmente, la logistica classica rispondeva a una logica di compartimentazione funzionale; dipartimenti di acquisti, produzione, finanza e vendite operavano come veri e propri silos aziendali, agendo in modo autonomo e perseguendo obiettivi locali spesso in netto contrasto tra loro. Si pensi, a titolo esemplificativo, al trade-off tra l'ufficio acquisti — incline a massimizzare la dimensione dei lotti per beneficiare di economie di scala e sconti quantitativi — e la gestione finanziaria del magazzino, penalizzata dall'esplosione dei costi di mantenimento delle scorte e dall'immobilizzo di capitale circolante netto.

Il concetto dei silos aziendali e di conseguenza dei silos informativi è un concetto affrontato nel capitolo precedente dove è stato possibile identificare i grossi problemi collegati a questo modo di operare.

Infatti il moderno paradigma del Supply chain management scardina questa impostazione, imponendo una transizione radicale verso una prospettiva di processo integrata. Ormai si è evoluto dal semplice controllo lineare dei flussi fisici e informativi a un reale motore chiave per l'efficienza e la competitività su scala

globale, orchestrando l'intera rete del valore dal fornitore di materie prime fino al consumatore finale.

Questa interconnessione ridefinisce i confini della concorrenza sui mercati. Nell'attuale contesto globale, infatti, la competizione non si consuma più tra singole imprese rivali, ma si sposta sul piano superiore delle reti globali, ovvero la dinamica competitiva diviene una sorta di sfida tra Supply chain. Ecco perché risulta molto importante riuscire ad avere dei sistemi di gestione aziendale che operino al meglio in questo campo non solo per trarre vantaggi a livello interno come organizzazione, ma proprio per riuscire ad ottenere vantaggi competitivi rispetto ai competitor²⁸.

Sotto questo profilo, il successo economico e la sopravvivenza commerciale della singola impresa non riflettono più soltanto le sue performance interne, ma risultano direttamente proporzionali all'efficacia, al coordinamento e alla solidità della filiera in cui essa è inserita. Infatti la Supply chain è definita anche come una rete di aziende collegate che devono cooperare sinergicamente per ottimizzare l'andamento dei flussi sia materiali, sia informativi. Tale integrazione però deve necessariamente superare i confini proprietari e giuridici tradizionali dell'impresa, sviluppando una connettività sia orizzontale che verticale atta a generare rendite relazionali e un superiore valore aggiunto per il cliente. In questa architettura a rete, i flussi informativi e materiali non possono più muoversi in modo unidirezionale, ma devono scorrere in entrambe le direzioni della catena, garantendo una visibilità end to end che riduca l'incertezza.

L'urgenza di tale riconfigurazione strategica è amplificata dai fenomeni di globalizzazione, i quali, pur avendo esteso i confini dei mercati di approvvigionamento e di sbocco, hanno aumentato esponenzialmente la complessità e la frammentazione geografica delle relazioni logistiche internazionali, esponendo i modelli tradizionali a una significativa fragilità intrinseca. Di fronte a shock sistemici esogeni e improvvisi (di cui la pandemia di COVID-19) ha rappresentato un caso di studio emblematico le catene di fornitura

28: Cfr. Christopher, M. (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. London: Financial Times / Prentice Hall, 5th Edition, pp. 12-28.

rigide e focalizzate sul mero abbattimento dei costi di transazione hanno mostrato drammatici punti di rottura. La Supply Chain contemporanea deve pertanto evolvere, affiancando all'efficienza operativa doti di sensibilità al mercato, adattabilità e resilienza strutturale.

Diventa quindi rilevante comprendere a pieno i vantaggi che può portare una gestione sinergica. Tale tipologia di gestione della Supply chain si pone l'obiettivo di superare il classico trade-off della ricerca operativa che contrappone il contenimento dei costi strutturali alla reattività del livello di servizio. Storicamente, l'inseguimento di una spiccata reattività implicava un incremento dei costi logistici (sovradimensionamento dei magazzini protettivi, spedizioni d'urgenza frazionate), mentre una strategia orientata alla pura efficienza di costo rischiava di generare rigidità operative e colli di bottiglia.

Oggi, l'accorciamento drastico del ciclo di vita dei prodotti, unito a un mercato caratterizzato da una domanda volatile e da richieste di personalizzazione di massa, costringe le imprese a ricercare soluzioni integrate capaci di garantire la fornitura rigorosamente al momento giusto, convertendo il customer service nel fattore critico di successo aziendale. L'ottimizzazione del management risiede proprio nella capacità di governare i processi di filiera riducendo il tempo di attraversamento delle merci lungo l'intera catena ed eliminando i passaggi superflui, ridondanti e costosi, senza mai compromettere la flessibilità e la soddisfazione del cliente²⁹.

Sotto il profilo strettamente operativo, l'efficienza e la sincronizzazione di questa rete possono essere modellate attraverso specifici costrutti metrici:

- Il *ritmo di mercato*: rappresenta la velocità di crociera e il vero e proprio “battito cardiaco” del processo produttivo, il quale non viene stabilito arbitrariamente dall'azienda a monte ma viene rigidamente dettato dal mercato a valle. Esso viene espresso analiticamente dall'equazione:

$$t_t = \frac{t}{q}$$

dove t rappresenta il tempo totale disponibile per la produzione in un dato intervallo e q indica la quantità di output richiesta dal mercato in quel medesimo lasso di tempo.

- *La sincronizzazione e l'abbattimento delle scorte*: l'introduzione di sistemi avanzati di pianificazione e programmazione integrata dei fabbisogni (quali sistemi ERP) permette di connettere in tempo reale i piani produttivi con le scorte dei fornitori. L'evidenza empirica dimostra che l'adozione di tali architetture sinergiche consente una contrazione degli investimenti finanziari immobilizzati in scorte di materie prime e semilavorati compresa tra il 10 e il 30%.
- *L'eliminazione dei colli di bottiglia*: il bilanciamento dinamico delle linee e delle capacità produttive tra i diversi nodi della rete è finalizzato a neutralizzare le interruzioni di flusso e le asimmetrie di capacità. Rimuovere i colli di bottiglia garantisce fluidità logistica, abbreviando il "tempo di transito nel flusso" e conferendo alla Supply chain la reattività necessaria per assorbire repentine fluttuazioni della domanda³⁰.

A livello di governance strategica, l'efficacia di questa leva competitiva dipende dall'approccio relazionale adottato tra gli attori della filiera, questa situazione può essere riassunta contrapponendo due modelli gestionali fondamentali:

- *Modello Reattivo*: si configura come un'architettura difensiva di base, in cui il design della Supply chain mira esclusivamente all'evitamento del rischio immediato e all'adempimento dei requisiti normativi minimi. Questo approccio è tipico di imprese caratterizzate da severe limitazioni nelle risorse interne o che operano in ambienti privi di forti pressioni competitive esterne. Concentrandosi unicamente sulla riduzione dei costi a breve termine e su transazioni di stampo opportunistico, il modello reattivo genera una catena rigida, scarsamente digitalizzata e fortemente vulnerabile agli shock esogeni.

29: Cfr. Ivanov, D., & Dolgui, A. (2020). Viability of Intertwined Supply Networks: Extending the Supply Chain Resilience Angles towards Post-Pandemic World. *International Journal of Production Research*, 58(10), pp. 2904-2915.

30: Cfr. Davenport, T. H. (2000). *Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems*. Boston: Harvard Business School Press, pp. 89-104.

- *Modello cooperativo:* rappresenta lo stadio evolutivo avanzato verso una Supply chain resiliente e creatrice di valore. Esso si fonda sulla convergenza strategica, sullo sviluppo di una mission industriale condivisa e sulla definizione di obiettivi comuni di lungo periodo tra i partner commerciali. Questo modello trascende la mera efficienza transazionale, poggiandosi su solide partnership strategiche, sulla condivisione del rischio, sul co-design e sul trasferimento bilaterale di innovazioni tecnologiche. La gestione cooperativa non si limita a reagire passivamente alle turbolenze esterne, ma modella proattivamente il mercato, capitalizzando i concetti di flessibilità e sostenibilità per generare nuove e superiori opportunità di business.

Dopo aver presentato e spiegato cosa e come la Supply chain sia un meccanismo che vada oltre la semplice catena di valore e di forniture, ma un qualcosa che deve essere sfruttato al meglio dalle organizzazioni per ottenere vantaggi competitivi, diviene ora necessario discutere come i sistemi ERP di gestione aziendale siano in grado di gestirla al meglio sia dal punto di vista puramente gestionale, ma anche dal punto di vista strategico per ottenere dei vantaggi³¹.

31: Cfr. Mentzer, J. T., Foggin, J. H., & Golicic, S. L. (2000). Collaboration: The Supply Chain Management Enabler. *Industrial Marketing Management*, 29(6), pp. 549-556.

2.2. La reingegnerizzazione dei flussi: l'integrazione di SAP e dei sistemi ERP come supporto alla Supply Chain.

L'attuale paradigma dei sistemi informativi aziendali identifica nel cosiddetto digital core di SAP S/4HANA non un semplice applicativo gestionale, bensì l'architettura portante e la spina dorsale transazionale dell'intera organizzazione. Storicamente, le imprese hanno operato attraverso sistemi legacy frammentati e disaccoppiati (dedicati singolarmente agli acquisti, alla gestione degli ordini, alle risorse umane o alla contabilità), ciascuno dei quali alimentava una sorgente dati isolata. Tale asimmetria informativa e la mancanza di coordinamento interfunzionale hanno rappresentato le cause primarie di forti distorsioni logistiche, tra cui il noto effetto frusta (bullwhip effect) che amplifica artificialmente la variabilità della domanda risalendo la catena di fornitura. In termini operativi, questo fenomeno, si traduce in una distorsione percettiva per cui una minima fluttuazione nelle vendite al dettaglio si ripercuote in modo macroscopico e amplificato sugli ordini trasmessi ai fornitori a monte, generando inefficienti accumuli di scorte, stock out e un aumento generalizzato dei costi di mantenimento³².

L'architettura ERP moderna interviene fisicamente su questa frammentazione sostituendo le tradizionali interfacce di aggiornamento periodico (batch) con un database unificato e relazionale, capace di garantire la sincronizzazione dei dati in tempo reale. Il processo tecnico di consolidamento dei flussi informativi si articola attraverso una sequenza rigorosa di estrazione, trasformazione, pulizia e caricamento, essenziale per convertire dati grezzi e operativamente inconsistenti in record strutturati e univoci.

Sotto il profilo dei flussi operativi, quando una transizione di vendita viene registrata nel sistema, l'input non rimane confinato all'interno del modulo commerciale. Sfruttando l'infrastruttura di integrazione della SAP Business

32: Cfr. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997). Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect. *Management Science*, 43(4), pp. 546-558.

Technology Platform, l'informazione aggiorna istantaneamente il SAP Business Data Cloud, garantendo la totale tracciabilità e la consistenza del dato lungo l'intera catena del valore. In questo contesto l'ERP funge da layer integrativo centrale per l'interoperabilità di soluzioni verticali e specializzate (best of breed ossia applicativi software di produttori differenti, selezionati dall'azienda poiché considerati i migliori sul mercato per gestire una specifica nicchia operativa), orchestrando i processi secondo una logica di stretto orientamento ai flussi. Di conseguenza, una variazione nei volumi o nelle tempistiche d'acquisto rilevata dai sistemi di Customer Relationship Management (CRM) si riflette immediatamente sulla pianificazione della produzione, innescando l'aggiornamento automatico dei piani di approvvigionamento verso i fornitori tramite i moduli di *Supplier Relationship Management* (SRM)³³.

Il supporto concreto ed esecutivo alla Supply chain si manifesta attraverso l'integrazione sinergica di piattaforme cloud-native dedicate, tra cui si distingue SAP Integrated Business Planning. Questa soluzione supera i limiti computazionali dei tradizionali sistemi MRP poiché offre un modello di pianificazione centralizzato in grado di elaborare simultaneamente sia serie temporali storiche che logiche basate sulla scomposizione analitica dei singoli ordini.

Un elemento tecnico discriminante risiede nell'evoluzione qualitativa del controllo della disponibilità dei fattori produttivi. Laddove i sistemi tradizionali si limitano ad una verifica di tipo Available to Promise, una logica di controllo passiva che si limita a verificare se l'ordine del cliente può essere soddisfatto attingendo esclusivamente alla giacenza fisica a magazzino o alle quantità di prodotto di cui è già previsto il completamento nel piano principale di produzione (Master Production Schedule), l'integrazione di strumenti di pianificazione avanzata abilita controlli di tipo Capable to promise. A differenza del modello precedente, il CTP non si limita a verificare l'esistente, ma calcola dinamicamente se l'azienda possiede la capacità residua per produrre da zero quel determinato ordine,

33: Cfr. Gronau, N. (2021). *Enterprise Resource Planning: Architektur, Funktion und Management von ERP-Systemen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag, pp. 115-130.

determinando in tempo reale la data di consegna effettiva e valutando la disponibilità di macchinari, manodopera e materie prime lungo l'intera supply chain³⁴.

Il controllo CTP rappresenta una profonda reingegnerizzazione logica, infatti, il sistema interroga in tempo reale le matrici di capacità dell'intera infrastruttura manifatturiera per determinare l'effettiva fattibilità di un nuovo ordine non programmato. Il software esegue un calcolo istantaneo che analizza:

- *La disponibilità corrente e prospettica delle materie prime e dei componenti:* SAP in questo caso non si limita a guardare il saldo contabile del magazzino in quel momento. Attraverso l'algoritmo di Heuristic o di ottimizzazione di SAP IBP/PP-DS (Production Planning and Detailed Scheduling), il sistema esegue un calcolo di esplosione della distinta base (Bill of Materials, BOM) in tempo reale. In termini logistici, questo processo consiste nella scomposizione analitica del prodotto finito ordinato nei suoi componenti e materie prime di livello inferiore, calcolati in base ai coefficienti di impiego tecnici. Invece di verificare solo la disponibilità del prodotto finale, SAP calcola istantaneamente il fabbisogno netto di ogni singolo elemento necessario a produrlo. La scelta tra l'algoritmo di Heuristic o di ottimizzazione risponde a precisi obiettivi strategici. L'algoritmo di Heuristic opera secondo una logica a capacità infinita orientata alla reattività, calcolando rapidamente i fabbisogni netti lungo la BOM per identificare quando e dove si verificheranno i colli di bottiglia; al contrario, il motore di ottimizzazione applica modelli di programmazione lineare e vincolata a capacità finita, risolvendo i conflitti di programmazione in base a funzioni obiettivo volte alla minimizzazione dei costi di setup, dei ritardi e del mantenimento a magazzino.

La logica gestionale che c'è dietro è spiegata attraverso il software che agisce incrociando gli ordini di acquisto già emessi verso i fornitori, i piani di consegna programmati e i lead time (nonché l'intervallo di tempo

34: Cfr. SAP SE (2023). *SAP Integrated Business Planning for Supply Chain: Architecture and Operational Overview*. Walldorf: SAP Press, pp. 45-62.

necessario per completare un determinato processo) di trasporto. In questo modo, il sistema sa se una materia prima non è presente in un preciso istante, ma arriverà esattamente qualche ora prima del passaggio in produzione dell'ordine, validandone la fattibilità prospettica.

- *I carichi di lavoro e i colli di bottiglia dei centri di costo e dei macchinari:* il sistema di gestione aziendale SAP, in questo caso, mappa l'intera struttura produttiva sotto forma di Centri di lavoro, ovvero le unità organizzative aziendali, come singoli macchinari o linee di assemblaggio, in cui avvengono le lavorazioni fisiche, legati ai cicli di produzione digitali, i quali definiscono la sequenza logica e cronologica delle operazioni necessarie per trasformare i materiali in prodotto finito, specificando i relativi tempi standard di esecuzione. Ogni macchina ha una sua capacità finita definita. Definendo al meglio la logica gestionale, quando entra un nuovo ordine, il motore di schedulazione inserisce virtualmente le operazioni lungo una sequenza temporale dei macchinari. Se rileva che una macchina critica è satura (in questo caso si genera il collo di bottiglia), l'algoritmo esegue un livellamento della capacità, riallocando automaticamente l'ordine su una linea alternativa compatibile o calcolando lo slittamento minimo necessario, senza sovrapporre i carichi.
- *I turni del personale e i lead time di produzione:* il sistema integra nativamente i dati del modulo SAP Success Factors/HR (gestione delle risorse umane) con i moduli di esecuzione della produzione. Sotto il profilo della logica gestionale, i calendari di fabbrica incorporano i turni effettivi, le ferie pianificate e le disponibilità delle squadre di operatori. Il motore del CTP incrocia questi dati con i lead time di produzione teorici, scomposti analiticamente in tempi di attrezzaggio macchina (setup, ovvero il tempo necessario per configurare l'impianto per una nuova lavorazione), tempi di lavorazione e tempi di coda (i tempi morti in cui i materiali attendono di essere lavorati). Inoltre, l'algoritmo non si limita a un calcolo quantitativo della manodopera, ma applica una verifica qualitativa basata sulle

competenze specialistiche: il sistema convalida la fattibilità dell'ordine solo se nei giorni di lavorazione è pianificato il turno del personale idoneo e certificato per quella specifica tecnologia.

- *La profittabilità e la redditività economica marginale dell'ordine stesso:* questo è il vero punto di contatto tra la logica logistica e quella finanziaria, reso possibile dall'integrazione nativa tra l'area logistica e il modulo SAP Management Accounting. La logica gestionale correlata a tale analisi è possibile spiegarla attraverso il calcolo svolto dal sistema in tempo reale del costo standard stimato del prodotto, sommato al costo vivo dei materiali della BOM (aggiornato agli ultimi prezzi di acquisto o di listino) e ai costi di trasformazione dei centri di lavoro (energia, ammortamento macchina, costo orario del personale per il tempo di ciclo). Sottraendo questo costo complessivo dal prezzo di vendita applicato nel CRM all'ordine del cliente, SAP determina il margine di contribuzione marginale (nonché l'indicatore che esprime quanto il ricavo ottenuto dalla vendita di un'unità aggiuntiva di prodotto contribuisce a coprire i costi fissi aziendali e, una volta coperti quelli, a generare il profitto netto) prima ancora di confermare la produzione, consentendo di bloccare o segnalare ordini che risulterebbero in perdita per l'azienda³⁵.

La transizione verso una Supply chain realmente reattiva risiede nella chiusura algoritmica del ciclo decisionale, definita closed planning loop. All'interno di questa architettura, SAP S/4HANA estrae continuamente i dati transazionali ed esecutivi reali dal campo (es. avanzamento della produzione, logistica di ritorno, deviazioni nei trasporti) per alimentare i modelli previsionali di SAP IBP. Quest'ultimo rielabora istantaneamente i piani ottimizzati che vengono inviati nuovamente a S/4HANA per guidare le attività operative, assicurando la perfetta coerenza tra le decisioni strategiche e la realtà dei reparti produttivi.

L'efficacia di questo ciclo viene ulteriormente potenziata dall'introduzione di agenti cognitivi specializzati integrati con l'intelligenza artificiale, i quali operano

35: Cfr. Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R. (2005). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill/Irwin, pp. 210-228.

come attori funzionali autonomi inseriti direttamente nei workflow aziendali per gestire le eccezioni:

- *Production planning and Operations agent*: esegue in autonomia le verifiche pre-rilascio degli ordini di produzione, validando i vincoli di capacità e scheduling ed emettendo gli ordini senza richiedere l'approvazione manuale del planner.
- *Change record management agent*: analizza la documentazione tecnica non strutturata relativa a problemi di qualità o richieste di modifica ingegneristica, innescando l'aggiornamento automatico delle distinte base (BOM) e garantendo la piena tracciabilità delle varianti.
- *Supplier onboarding agent*: coordina i flussi di qualifica dei nuovi partner commerciali all'interno del network, validando autonomamente le credenziali, la conformità documentale e gestendo le procedure di escalation operative in caso di anomalie nelle forniture³⁶.

Il quadro di automazione è completato da algoritmi di Machine Learning (ML) per il rilevamento predittivo delle anomalie logistiche e da tecnologie di Natural Language Processing (NLP). Queste ultime vengono applicate per interpretare i flussi informativi non strutturati, come le comunicazioni testuali via email scambiate con i partner logistici, consentendo l'estrazione automatica di segnali di allarme precoce relativi a ritardi doganali, blocchi burocratici o variazioni impreviste nei lead time di consegna.

I benefici derivanti dall'abbattimento dei silos informativi e dalla reingegnerizzazione dei flussi tramite piattaforme ERP e moduli SAP avanzati trovano riscontro in precise metriche quantitative raccolte dalla letteratura scientifica e applicate in complessi contesti industriali.

Ad esempio andando ad osservare alcuni KPI è possibile riscontrare dei miglioramenti delle performance aziendali partendo da una situazione (pre integrazione) arrivando ad organizzazioni (post integrazione SAP), i KPI presi in

36: Cfr. Tempelmeier, H. (2006). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*. Berlin: Springer, pp. 145-168.

considerazione per mettere in evidenza questo miglioramento delle performance sono:

- *Accuratezza previsione della domanda*: 75% prima dell'integrazione, 90% post integrazione SAP, è possibile evidenziare una variazione percentuale del +20%. L'impatto economico gestionale che si è potuto notare attraverso l'aumento di questo KPI è una riduzione delle sovrapproduzioni e dei mancati guadagni. Sotto il profilo finanziario, questo impatto agisce simmetricamente su costi e ricavi. Da un lato, l'allineamento in tempo reale tra domanda e piani produttivi elimina la necessità di accumulare scorte polmone, definite buffer, riducendo i costi di mantenimento a magazzino e ottimizzando il capitale circolante netto. Dall'altro, il sistema azzerà i mancati guadagni derivanti da rotture di stock; grazie alla precisione del CTP, l'azienda non perde opportunità commerciali e migliora il livello di servizio, catturando la redditività di ordini urgenti che altrimenti verrebbero rifiutati per mancanza di visibilità sulla fabbrica³⁷.
- *Indice di rotazione del magazzino*: 6 giri/anno prima dell'integrazione, 8 giri/anno post integrazione SAP, ed è possibile quindi evidenziare una variazione percentuale del +33%. Sotto il profilo economico e gestionale, l'accelerazione del tasso di rotazione comporta un'ottimizzazione strutturale del capitale circolante netto. Incrementare i cicli di rinnovo delle scorte significa ridurre drasticamente i tempi di giacenze media dei materiali, contraendo il ciclo del circolante e generando uno stabile sblocco di liquidità. I capitali precedentemente immobilizzati in stock protetti da asimmetria informativa vengono così convertiti in flussi di cassa operativi liberi, immediatamente riallocabili in investimenti strategici o nella riduzione della posizione finanziaria netta dell'azienda³⁸.
- *Costi operativi complessivi*: assumendo come parametro di riferimento una base iniziale pari a 100 nel periodo pre integrazione, il KPI scende a 85 a seguito dell'integrazione, registrando una variazione percentuale del -15%.

37: Cfr. Mentzer, J. T., & Moon, M. A. (2005). *Sales Forecasting Management: A Demand Management Approach*. Thousand Oaks: Sage Publications, pp. 88-105.

Sotto il profilo economico gestionale, questa contrazione dei costi di struttura è l'effetto diretto di due leve operative abilitate dal digital core: da un lato, l'automazione dei task transazionali e dei flussi informativi riduce drasticamente i tempi di inserimento dati, gli errori manuali e i relativi costi amministrativi; dall'altro, l'azzeramento dei colli di bottiglia, riguardanti la logistica e la produzione, elimina le inefficienze latenti, quali i costi per fermi macchina imprevisti, i trasporti d'urgenza e il ricorso a turni di lavoro straordinario non pianificati, migliorando così la marginalità operativa lorda dell'intera organizzazione³⁹.

In sintesi, l'analisi dei KPI evidenzia come la reingegnerizzazione dei flussi abilitata dall'ecosistema SAP non si traduca in un mero efficientamento isolato, bensì in una profonda trasformazione strategica dell'intera architettura operativa. La transizione dal modello frammentato dei sistemi legaci al digital core integrato di SAP S/4HANA (potenziato inoltre dall'autonomia decisionale degli agenti cognitivi basati sull'intelligenza artificiale) permette alla supply chain di operare non più sulla base di previsioni statiche e reattive, ma secondo dinamiche flessibili guidate in tempo reale dalla domanda reale del mercato. L'impatto combinato della contrazione dei costi operativi, dell'accelerazione del capitale circolante e della precisione algoritmica del controllo Capable-to-Promise (CTP) dimostra, in ultima analisi, come l'integrazione dei sistemi ERP rappresenti il fattore critico di successo per la resilienza e la competitività delle organizzazioni moderne. Tale framework teorico e quantitativo pone le basi metodologiche necessarie per comprendere l'applicazione pratica di tali architetture.

38: Cfr. Berman, K., & Knight, J. (2013). *Financial Intelligence for Supply Chain Managers*. Boston: Harvard Business Review Press, pp. 142-159.

39: Cfr. Gartner Research (2023). *Forecast Analysis: Enterprise Resource Planning Systems Worldwide*. Stamford: Gartner Industry Reports, pp. 34-49.

2.3 L'impresa Data-Driven: l'uso dei flussi informativi SAP a supporto delle decisioni.

Un'impresa Data-Driven è un'organizzazione che non si limita a possedere dati, ma li utilizza sistematicamente per accompagnare e guidare le proprie trasformazioni e i processi decisionali. La trasformazione in questo tipo di società non è un mero adeguamento tecnologico ma un percorso di change management volto a diffondere la cultura del dato a ogni livello dell'organizzazione.

Nei paragrafi precedenti si è potuto constatare come i sistemi ERP servano per organizzare al meglio la struttura logistica e della supply chain per ottenere vantaggi competitivi e per eliminare i silos informativi o comunque una continua discrepanza di informazioni tra le varie funzioni aziendali. Per riuscire a fare uno step in più è necessario però, non solo far sì che tutti i reparti all'interno dell'organizzazione abbiano a disposizione i dati, ma utilizzare tali dati per generare quel vantaggio competitivo di cui parlavamo in precedenza. Infatti un'organizzazione Data driven, letteralmente “guidata dai dati” spiega al meglio come il dato non deve essere utilizzato solo ed esclusivamente per spiegare ciò che è avvenuto nel passato (quindi come uno storico che tiene traccia dei movimenti aziendali) ma anche per prevedere l'andamento organizzativo e definire anticipatamente delle possibili strategie di notevole impatto⁴⁰.

Le 6 caratteristiche comuni che definiscono queste tipologie di imprese Data driven sono:

- *Strategia dei dati a livello strutturale:* l'analisi dei dati è pervasiva; coinvolge l'operatività, lo sviluppo di prodotti, la produzione, le vendite, e soprattutto il board decisionale. Questa pervasività si realizza superando la rigida separazione tra moduli gestionali tradizionali a favore di un flusso informativo integrato e orizzontale, capace di alimentare metriche prestazionali (KPI) unificate e condivise dall'intera struttura organizzativa.

40: Cfr. McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012). Big Data: The Management Revolution. *Harvard Business Review*, 90(10), pp. 60-68.

- *Ottimizzazione dell'allocazione delle risorse*: gli investimenti non sono basati sull'istinto, ma sulla capacità dei dati di indicare dove le risorse possono produrre il massimo valore. L'allocazione non risponde più a logiche di intuizione manageriale o a modelli puramente consuntivi, ma si affida a strumenti di ottimizzazione vincolata e simulazione di scenario. Era frequente che alcune organizzazioni agissero seguendo dei modelli rigidi e rigorosi che però non rispecchiassero a pieno le esigenze della propria organizzazione, così facendo si agirà solo ed esclusivamente su dati e informazioni generati dall'organizzazione stessa; si ha quindi la possibilità di agire con metodologie personalizzate e realizzate ad-hoc per l'organizzazione. Questo approccio permette di mappare analiticamente il rendimento marginale di ogni cespite o risorsa investita nella supply chain, riducendo drasticamente il profilo di rischio degli investimenti in conto capitale⁴¹.
- *Data Governance*: si enfatizza la gestione dei dati per aumentare la trasparenza delle decisioni verso il mercato e i consumatori. Essa si traduce nell'adozione di un modello operativo formale che definisce ruoli, responsabilità e standard di qualità del dato. Preservare l'integrità e l'univocità del dato alla fonte è il prerequisito fondamentale per garantire la conformità normativa, la tracciabilità dei processi e la trasparenza verso l'esterno.
- *Cultura organizzativa orientata ai dati*: il cambiamento riguarda anche la cultura organizzativa; dal magazziniere al top management, tutti devono saper gestire e analizzare dati per assumere decisioni. Questo pilastro culturale richiede una diffusa data literacy supportata da percorsi strategici di upskilling e reskilling. La data literacy è la capacità di un individuo di esplorare, comprendere, analizzare e comunicare con i dati in modo critico. All'interno del contesto aziendale, non si riferisce alle competenze tecniche

41: Cfr. Provost, F., & Fawcett, T. (2013). *Data Science for Business: What You Need to Know About Data Mining and Data-Analytic Thinking*. Sebastopol: O'Reilly Media, pp. 15-32.

avanzate degli scienziati dei dati, ma rappresenta un'abilità trasversale democratizzata: la capacità di ogni lavoratore di interpretare grafici, comprendere le metriche di riferimento del proprio reparto e tradurre le informazioni numeriche in decisioni operative concrete, evitando scelte basate sul semplice istinto. La resistenza al cambiamento viene mitigata rendendo l'evidenza empirica del dato l'unico criterio di valutazione decisionale, scardinando i vecchi modelli gerarchici basati sull'autorità o sull'esperienza soggettiva⁴².

- *Data collection*: reperire e creare dati di qualità diventa quindi fondamentale. Le imprese devono costruire dei database unici per evitare la dispersione delle informazioni. La raccolta si estende verso l'esterno, integrando dati transazionali strutturati con una vasta mole di dati non strutturati provenienti da sensori o flussi web. L'architettura tecnologica deve convogliare queste fonti eterogenee all'interno di un Data lake centralizzato, nonché l'unico "contenitore di dati" in grado di abbattere i silos informativi prima che in dati vengano elaborati. Per Data Lakes si intende un'architettura di archiviazione centralizzata progettata per ospitare enormi volumi di dati grezzi nel loro formato nativo, senza una strutturazione o categorizzazione preventiva. A differenza invece del *Data Warehouse* che raccoglie solo dati già strutturati, ripuliti e incasellati in tabelle rigide. Il Data Lake accoglie indiscriminatamente dati strutturati (come i flussi transazionali di SAP), semi-strutturati (file XML, JSON) e non strutturati (testi, immagini, log di sensori). Questa flessibilità permette di conservare l'intero patrimonio informativo aziendale a costi contenuti, lasciando ai successivi processi di analisi il compito di strutturare ed elaborare i dati solo nel momento in cui l'utente o l'algoritmo ne ha effettivamente bisogno.

42: Cfr. Kiron, D., Ferguson, R. B., & Prentice, P. K. (2013). From Value to Vision: Reaping the Benefits of Analytics. *MIT Sloan Management Review*, 54(3), pp. 1-12.

- *Collaborazione tra IT e azienda*: il dipartimento IT viene definito come lo strumento strategico, collaborando strettamente con tutte le altre funzioni. Questo allineamento strategico si concretizza operativamente attraverso l'adozione della metodologia DevOps (integrazione continua tra sviluppo software e gestione infrastrutturale) e l'approccio Agile. L'IT cessa di essere un mero centro di costo tecnico e isolato per diventare un partner proattivo che co-progetta le soluzioni di business insieme alle singole unità operative.

Il passaggio da un approccio decisionale tradizionale a una gestione interamente guidata dall'analisi quantitativa non avviene in modo lineare o immediato, ma si configura come un processo iterativo e profondo di cambiamento culturale e strutturale che richiede mediamente un arco temporale compreso tra i 18 e i 36 mesi. Per descrivere a pieno questa transizione, il modello di maturità sviluppato da Thomas H. Davenport e Jeanne G. Harris individua cinque stadi evolutivi progressivi, ciascuno caratterizzato da specifiche sfide tecnologiche e organizzative.

Il percorso ha inizio con la fase della *carenza analitica*, in cui l'azienda opera in una condizione comunemente definita di "volo cieco". In questa prima fase, l'organizzazione dispone di un patrimonio informativo latente, ma le sue capacità di elaborazione e interpretazione sono del tutto trascurabili. I dati vengono raccolti passivamente e rimangono confinati all'interno di silos funzionali disallineati, rendendo impossibile una visione d'insieme (generando il problema dei silos informativi trattato nel capitolo precedente). L'obiettivo primario di questa fase non è ancora la previsione strategica, bensì un iniziale e faticoso sforzo di razionalizzazione operativa; l'azienda punta esclusivamente a ottenere dati transazionali minimamente accurati e affidabili per poter gestire le attività quotidiane e standardizzare i processi di base.

Una volta superata la cecità iniziale, l'organizzazione entra nella fase degli *analytics localizzati*, considerata nella letteratura manageriale come il vero e proprio punto di non ritorno del cambiamento. In questa fase, la spinta all'analisi non parte da una visione centrale del top management, ma emerge dal basso o in modo isolato. I singoli responsabili di funzione creano autonomamente degli impulsi analitici per ottimizzare specifiche applicazioni o per calcolare metriche verticali, come il ROI di un singolo progetto. Questo approccio porta l'azienda davanti ad un bivio, può decidere di istituzionalizzare questi sforzi estendendoli a livello cross-funzionale, oppure rischia di fallire sotto il peso della frammentazione, poiché la coesistenza di sistemi e fogli di calcolo locali non coordinati accentua la discrepanza delle informazioni tra i vari reparti anziché risolverla.

Se l'organizzazione riesce a governare questa tensione, accede alla fase delle *ambizioni analitiche*. Qui si assiste a un cambio di passo politico e strategico, i dirigenti all'apice riconoscono il valore potenziale dell'evidenza empirica e iniziano ad allineare le risorse aziendali per costruire una capacità analitica di vasta portata. L'attenzione si sposta quindi gradualmente dal monitoraggio del passato alla pianificazione del futuro. In questa fase si avvia la progettazione di architetture dati centralizzate, come la convergenza dei flussi transazionali ERP in Data lake, ponendo le basi per supportare non solo la performance operativa immediata, ma anche il valore di mercato e la sostenibilità del business nel medio-lungo termine.

Il consolidamento di questa visione conduce successivamente allo stadio delle *aziende analitiche*, in cui gli analytics smettono di essere un progetto speciale e diventano un driver strutturale del valore a livello dell'intera impresa. A questo livello di maturità, la data literacy è completamente diffusa nell'organigramma. L'uso dei flussi informativi è pervasivo e integrato, infatti dal personale operativo fino al board decisionale, tutti i collaboratori possiedono le competenze e gli strumenti necessari per interrogare e analizzare i dati in modo efficiente. Le decisioni non sono più validate dall'autorità gerarchica o dall'intuito soggettivo

dei manager, ma discendono direttamente da una rigorosa analisi quantitativa dei dati.

Il culmine di questo percorso è rappresentato dai *competitor analitici*, una cerchia ristretta che storicamente accoglie solo il 5% circa delle grandi imprese globali. Per queste realtà, il dato non è più solo un supporto per decidere meglio, ma costituisce il cuore stesso del modello di business e il pilastro di un vantaggio competitivo stabile e difficilmente replicabile dai concorrenti. I competitor analitici utilizzano stabilmente modelli predittivi e prescrittivi avanzati, automatizzano i processi decisionali complessi in tempo reale e sono in grado di monetizzare direttamente il proprio patrimonio informativo, trasformando la conoscenza analitica in nuovi prodotti, servizi o flussi di valore da posizionare sul mercato.

Il passaggio dalla fase due (*analytics localizzati*) alla fase tre (*ambizioni analitiche*), rappresenta il vero punto di non ritorno strutturale. Il fallimento o la regressione in questa finestra temporale di 18-36 mesi sono frequentemente causati dalle forti resistenze culturali del middle e top management tradizionale. Quest'ultime sono figure abituate a una leadership gerarchica classica tendono a percepire l'oggettività e la trasparenza del dato come una minaccia diretta alla propria autonomia, influenza e discrezionalità decisionale, preferendo difendere la validità di decisioni intuitive. Senza una forte e costante sponsorizzazione e predisposizione del CEO, i progetti isolati del percorso sperimentale falliscono sotto la tensione del cambiamento organizzativo, generando frammentazione tecnologica.

Per comprendere appieno la mappatura e l'impatto pratico dei dati sulle funzioni aziendali all'interno di un'organizzazione data driven, è necessario calare le metriche e i modelli predittivi nei reali assetti organizzativi e nell'evoluzione dei sistemi informativi aziendali. Analizzando alcune macro aree di un'organizzazione è possibile evidenziare alcune dinamiche che delineano ancora meglio come nelle imprese data driven si lavori sempre di più in funzione del dato.

Nell'area *marketing* è possibile evidenziare il superamento della segmentazione demografica tradizionale, che si realizza attraverso l'elaborazione di algoritmi di machine learning che convertono flussi continui di dati grezzi in cluster dinamici e comportamentali.

Entrando nello specifico il customer lifetime value (CLV), nonché una metrica fondamentale che indica il valore monetario totale che un cliente genera per un'azienda lungo tutto il corso della sua relazione con essa, non viene più stimato come una media statistica delle transazioni passate, ma calcolato mediante modelli predittivi probabilistici. Questo permette di intercettare anticipatamente il churn rate (tasso di abbandono). Questa tipologia di approccio consente di calibrare perfettamente i costi di acquisizione. Invece di investire budget massivi in campagne generaliste, le risorse vengono allocate analiticamente solo sui cluster di clientela che mostrano un alto CLV potenziale, massimizzando il ritorno sugli investimenti di marketing (ROMI).

Anche nell'area *HR* è possibile notare come un'impresa data driven agisca diversamente dalle organizzazioni tradizionali. Nella teoria organizzativa tradizionale, la direzione del personale nasce e si sviluppa come un classico organo di staff con compiti prevalentemente amministrativi, contabili e di classica burocrazia. L'introduzione degli analytics in quest'area trasforma radicalmente questo paradigma, elevando la funzione a vero e proprio Business partner. Abbandonando la gestione meramente reattiva del personale, l'HR moderno sfrutta modelli statistico predittivi, incrociando KPI legati alla motivazione, ai carichi di lavoro e all'utilizzo delle ferie, la funzione è in grado di anticipare i segnali latenti di malessere o abbandono dei talenti core, calcolando accuratamente il rischio di turnover. Anche la pianificazione delle assunzioni cambia, infatti cessa di essere una risposta immediata ad un posto di lavoro rimasto libero, ma l'HR analytics allinea le competenze interne agli obiettivi di business di lungo periodo, pianificando il reclutamento strategico e percorsi di upskilling (processo di

aggiornamento e potenziamento delle competenze) molto prima che la carenza di competenze impatti negativamente sulle performance aziendali⁴³.

Successivamente è possibile notare ulteriori cambiamenti nella gestione della catena di fornitura. L'ottimizzazione dinamica della supply chain rappresenta uno dei passaggi strategici più evidenti nella transizione verso un modello aziendale interamente guidato dai dati, dove la tradizionale gestione fisica delle scorte viene integrata e potenziata dalla visibilità informativa. Per decenni la gestione dei magazzini è stata vincolata a logiche reattive e frammentate, come il modello del reorder point (ROP), che basandosi esclusivamente sull'analisi storica dei consumi passati generava una strutturale miopia decisionale. Questo approccio costringeva le organizzazioni ad accumulare ingenti scorte di sicurezza per tutelarsi dalle fluttuazioni del mercato, immobilizzando capitali e incrementando i costi di stoccaggio, senza comunque eliminare il rischio di rotture di stock in caso di picchi improvvisi della domanda. La transazione data driven scardina questa operatività introducendo una filosofia proattiva, in cui i livelli delle giacenze non sono più una variabile probabilistica stimata sul passato, ma il risultato di un calcolo deterministico e dinamico basato sulla perfetta sincronizzazione tra i partner della catena di fornitura. Attraverso la condivisione dei flussi informativi in tempo reale e l'incrocio dei dati di vendita con il Master Production Schedule (Piano Principale di Produzione), l'impresa estende la propria visibilità lungo l'intera filiera. Questa trasparenza abilita l'adozione di logiche collaborative avanzate trasformando il magazzino da un centro di sosta statico a un fulcro di transito rapido e flessibile.

I vantaggi di una politica data-driven sono evidenti a partire da quelli qualitativi.

L'impatto economico, finanziario e organizzativo derivante dall'adozione di una strategia data-driven non è semplicemente teorico, ma è ampiamente validato empiricamente da evidenze macroeconomiche e ricerche di mercato condotte su

43: Cfr. Marler, J. H., & Boudreau, J. W. (2017). An Evidence-Based Review of HR Analytics. *The International Journal of Human Resource Management*, 28(1), pp. 3-26.

scala globale (tra cui spiccano gli studi di Harvard Business Review, IDC e indagini di settore su campioni transnazionali).

Sul piano prettamente numerico e delle performance di business, i dati dimostrano come l'integrazione avanzata degli analytics si traduca in una crescita della redditività e dell'efficienza. Le aziende che hanno strutturato un ecosistema analitico maturo registrano un incremento medio del +54% nella crescita dei ricavi e dei profitti, trainato da una maggiore precisione nel posizionamento d'offerta e nella segmentazione del target⁴⁴. Questo si riflette direttamente sulla fiducia dei consumatori, evidenziando un aumento del +62% nella soddisfazione del cliente, grazie a dinamiche di personalizzazione del servizio e a tassi di risoluzione dei problemi estremamente più rapidi. Anche l'efficienza dei cicli di innovazione ne esce radicalmente potenziata, mostrando un time to market più rapido del 44%, che consente di anticipare il ciclo di vita dei prodotti rispetto alla concorrenza⁴⁵.

Al di là dei numeri, i benefici cruciali si estendono alla sfera intangibile e organizzativa, ridefinendo il modo in cui l'azienda pensa e reagisce agli stimoli esterni. In primo luogo, si assiste a una transizione netta da una postura reattiva a una proattività strutturale. Grazie all'applicazione di modelli previsionali, serie storiche ed elaborazioni econometriche avanzate, l'azienda acquisisce la capacità di anticipare e modellare attivamente le tendenze emergenti del mercato e le mosse competitive dei rivali, anziché subirne passivamente gli effetti. Questo approccio anticipatorio è storicamente visibile nelle strategie di leader globali: colossi come Apple utilizzano i dati per intercettare i bisogni latenti dei consumatori prima ancora che si esplicitino, mentre aziende come Barilla sfruttano la visibilità predittiva della domanda per riallineare i cicli di produzione ed evitare disallineamenti di stock. Infine, la trasparenza informativa genera un continuo risparmio sui costi operativi, guidato dall'eliminazione sistematica delle inefficienze e degli sprechi lungo la supply chain e da una saturazione ottimale dei cespiti industriali, monitorati in tempo reale nelle loro performance.

44: Cfr. IDC White Paper (2022). *The Data-Driven Advantage: How Data Maturity Drives Business Value*. Framingham: International Data Corporation, pp. 15-28.

45: Cfr. McKinsey & Company (2021). *The Data-Driven Enterprise of 2025*. McKinsey Digital Insights, pp. 8-19.

Ed infine per concludere i vantaggi che un'organizzazione data-driven ha, si passa a quelli competitivi. Per comprendere come questi vantaggi si trasformino in una leadership duratura, è possibile mappare i flussi informativi aziendali come veri e propri asset strategici superiori. Secondo questa prospettiva, il dato genera valore difendibile poiché risponde a queste cinque caratteristiche:

- *Difficili da replicare*: sebbene un concorrente possa facilmente acquistare lo stesso software o copiare una singola funzionalità di prodotto, non potrà mai clonare l'intricato ecosistema aziendale. L'interconnessione profonda tra l'analisi dei flussi, i processi operativi quotidiani e la cultura interna delle persone crea una barriera all'imitazione praticamente insormontabile.
- *Unici*: le informazioni non vivono nel vuoto, ma sono strettamente legate e integrate alla specifica, identitaria e differenziante strategia aziendale e al suo posizionamento competitivo sul mercato. I dati raccolti ed elaborati riflettono la storia e l'identità operativa di quella specifica organizzazione.
- *Adattabili*: a differenza di altri asset rigidi, le competenze analitiche e i flussi di dati possiedono una flessibilità intrinseca e trasversale. Sono capaci di attraversare sia orizzontalmente che verticalmente tutti i confini formali delle diverse aree aziendali, fungendo da tessuto connettivo dell'impresa.
- *Migliori*: le organizzazioni eccellenti estraggono un valore qualitativamente superiore dalla stessa materia prima. Questo avviene perché i dati vengono sfruttati ed elaborati attraverso modelli statistici e algoritmi proprietari qualitativamente più avanzati e performanti rispetto a quelli standard utilizzati dalla concorrenza.
- *Rinnovabili*: i dati non si consumano con l'uso, ma si rigenerano e si arricchiscono. Essi costituiscono per i concorrenti un bersaglio mobile, una risorsa intrinsecamente dinamica che si presta a un continuo processo di apprendimento, aggiornamento e ottimizzazione iterativa nel corso del tempo, amplificando il divario competitivo con chi rincorre⁴⁶.

46: Cfr. Grant, R. M. (2021). *Contemporary Strategy Analysis* (10th ed.). Chichester: John Wiley & Sons, pp. 115-138.

In definitiva, la transizione verso un modello data driven non si esaurisce nell'adozione di un'infrastruttura tecnologica isolata, ma rappresenta una metamorfosi strutturale e culturale che ridisegna l'essenza stessa del fare impresa. Come si è potuto constatare, la pervasività della strategia, la centralizzazione architettonica tramite strumenti flessibili come i Data lake e la democratizzazione della data literacy consentono di convertire i flussi informativi grezzi in un ecosistema dinamico, capace di ottimizzare trasversalmente il marketing, le risorse umane e le logiche della supply chain.

I riscontri quantitativi sul piano della redditività e i vantaggi qualitativi legati ad una proattività decisionale permettono di dimostrare che il dato, se protetto e valorizzato attraverso il framework delle cinque caratteristiche distintive, cessa di essere un semplice sottoprodotto operativo per configurarsi come l'asset strategico superiore per eccellenza.

Tuttavia affinché questo patrimonio informativo non rimanga inutilizzato e le barriere culturali del management non ne blocchino l'evoluzione verso gli stadi di maturità più avanzati, l'organizzazione necessita di un presidio formale e di una guida esecutiva capace di orchestrare questa complessa transizione in modo sistematico. Proprio per rispondere a questa stringente esigenza di coordinamento strategico e di governance centralizzata, si rende indispensabile l'introduzione di figure chiave e modelli architettonici dedicati. Questi sono temi che verranno analizzati nel dettaglio nel prossimo paragrafo⁴⁷.

47: Cfr. DalleMule, L., & Davenport, T. H. (2017). What's Your Data Strategy? *Harvard Business Review*, 95(3), pp. 112-121.

2.4 La complessità dell'adattamento organizzativo e umano

L'introduzione di nuove architetture tecnologiche e la transizione verso modelli di gestione basati sui dati non rappresentano meri interventi di natura tecnica o infrastrutturale, bensì profonde transizioni culturali e comportamentali che impattano l'assetto socio tecnico dell'organizzazione. E' facile evidenziare come l'efficacia di tali processi sia fortemente condizionata dalla capacità dell'organizzazione e dei suoi attori di gestire la complessità dei processi di adattamento umano e sistemico.

Diviene quindi necessario superare una visione riduttiva della resistenza al cambiamento inteso solo ed esclusivamente come rifiuto, ridefinendola piuttosto come un costrutto tridimensionale che integra componenti cognitive (tra cui pensieri e convinzioni), affettive (emozioni e sentimenti) e comportamentali (azioni concrete di opposizione o non conformità). Il passaggio da uno stato di certezza operativa a una condizione di incertezza caratteristica dei nuovi contesti informativi, costituisce la radice psicologica fondamentale della resistenza al cambiamento. Questa instabilità operativa genera frequentemente elevati livelli di ansia, burnout e potenziali turnover. Per burnout si intende uno stato di esaurimento psicofisico, emotivo e mentale causato da stress lavorativo cronico e prolungato; il termine turnover fa invece riferimento al tasso di rotazione del personale in un'azienda, ovvero il flusso di dipendenti che lasciano l'organizzazione e vengono sostituiti dai nuovi assunti.

In questo quadro i dipendenti vivono spesso uno stato di profonda ambivalenza, infatti è possibile che essi sperimentino sentimenti contrastanti che rendono complessa la risposta al cambiamento. Questo porta a forme di resistenza, in cui l'adesione formale al cambiamento esibita in pubblico, cela in realtà una sotterranea inazione e staticità caratterizzata dal mantenimento di prassi ufficiose o da un ostacolo silenzioso all'adozione delle nuove procedure.

Tali dinamiche sono ulteriormente accentuate dalla dimensione psicologica del possesso, infatti i lavoratori che nel tempo hanno perfezionato specifici processi tendono a difenderli attivamente, interpretando l'introduzione di strumenti come i moduli ERP, o comunque un utilizzo del dato completamente differente dal passato, come una minaccia diretta alla propria competenza e centralità aziendale. Sebbene esistano fattori situazionali determinanti, si riscontra anche una RTC disposizionale, caratterizzata dalla tendenza innata ad aderire a routine rigide, da reazioni emotive negative all'imposizione, da un focus focalizzato esclusivamente sui costi e sui disagi a breve termine e da una marcata rigidità cognitiva che impedisce la revisione dei propri schemi mentali consolidati⁴⁸.

Spostando invece l'analisi dal singolo individuo alla struttura aziendale nel suo complesso, si nota come l'adattamento sia ostacolato dal fenomeno dell'inerzia strutturale. L'accumulo di routine nel tempo e la stratificazione dei processi aumentano la rigidità dell'organizzazione, creando una sorta di cecità difensiva rispetto alle spinte trasformative. Si creano quindi delle dinamiche contrapposte che rallentano il cambiamento all'interno dell'organizzazione. Mentre un gruppo aziendale tenta di attuare dei processi per spingere l'innovazione, altri gruppi agiscono contemporaneamente per mantenere fissi i processi che venivano utilizzati in passato per mantenere la situazione stabile al fine di tutelare le proprie posizioni di potere o stabilità operativa.

I fallimenti e gli attriti nei percorsi di adattamento emergono in modo significativo dai disallineamenti tra i tre attori chiave della trasformazione:

- Strategists (Top Management): tendono a formulare una visione macro e astratta del cambiamento, ma spesso tendono a fallire nel valutare le dinamiche politiche interne, introducendo iniziative conflittuali o incoerenti che disorientano chi deve guidare l'operatività.

48: Cfr. Oreg, S. (2003). Resistance to change: Developing an individual differences measure. *Journal of Applied Psychology*, 88(4), pp. 680-693.

- Agents (Middle Management): quest'ultimi sono incaricati dell'implementazione sul campo, possono trasformarsi essi stessi in barriere all'adattamento qualora percepiscano che la trasparenza dei dati o la delega decisionale minaccino il proprio status, la propria autorità o il controllo delle risorse aziendali.
- Disallineamenti Percettivi tra Agents e Recipients: Gli Agents tendono frequentemente a sovrastimare la resistenza dei dipendenti, interpretandola erratamente come pigrizia disposizionale; inoltre, l'eventuale violazione delle promesse fatte nelle fasi iniziali dell'implementazione distrugge il clima di fiducia reciproca, innescando reazioni difensive ancora più rigide⁴⁹.

In sostanza il superamento della complessità legate all'adattamento richiede il passaggio da una logica top-down di imposizione tecnologica a un modello di orientato al cambiamento. Per guidare con successo la transizione, gli strategists devono adottare strategie di inquadramento idonee a garantire la continuità dell'identità organizzativa, presentando l'adozione dei nuovi modelli non come una rottura traumatica del passato, bensì come un'evoluzione coerente del patrimonio di competenze dell'azienda. Tale processo va supportato dall'uso consapevole di strategie retoriche e di un vocabolario specifico volti a legittimare teoricamente le nuove prassi e a guidare i dipendenti nel processo di attribuzione di senso.

Allo stesso tempo, il coinvolgimento attivo dei dipendenti nella progettazione del cambiamento e l'esercizio di una leadership trasformazionale ed etica, consentono di ridurre drasticamente il cinismo e la resistenza, incrementando quindi l'apertura verso i nuovi valori aziendali. Altrettanto importante è coltivare relazioni di scambio sociale e di fiducia tra agents e recipients, strumento indispensabile per cooptare i soggetti indecisi e favorire la convergenza su nuove pratiche operative.

49: Cfr. Balogun, J., & Johnson, G. (2004). Organizational restructuring and middle managers' sensemaking. *Academy of Management Journal*, 47(4), pp. 523–541.

Infine, un approccio gestionale maturo non mira a reprimere il dissenso, ma valorizza la cosiddetta resistenza produttiva come una vera e propria risorsa informativa; la voce critica dei dipendenti consente di identificare falle nei nuovi sistemi e di calibrare la strategia complessiva sulle reali esigenze delle realtà operative locali, trasformando l'adattamento da ostacolo a motore di raffinamento organizzativo.

Affinché il superamento delle barriere socio tecniche non rimanga un qualcosa di teorico, l'organizzazione deve tradurre l'orientamento al cambiamento in architetture gestionali e metodologiche rigorose. L'adattamento sistemico richiede prima di tutto una chiara mappatura differenziale tra la configurazione dei processi attuali (AS-IS) e l'assetto futuro desiderato (TO-BE), prerequisito fondamentale per attuare interventi di Business Process Reengineering capaci di armonizzare l'introduzione dei software ERP con la cultura aziendale.

In questo contesto, la letteratura e la prassi manageriale evidenziano la necessità di scandire la transizione attraverso modelli di Change management a fasi ordinati, come il classico paradigma di Kurt Lewin, articolato nei tre momenti di Unfreezing, Changing e Refreezing. Nello specifico, la prima fase, quella di Unfreezing, mira a scardinare lo status quo e a mettere in discussione le routine consolidate, rendendo l'organizzazione consapevole della necessità impellente di superare i vecchi modelli operativi. Segue la fase di Changing, nonché il momento centrale e più critico dell'adattamento, in cui si implementano concretamente le nuove tecnologie e i nuovi workflow ERP; in questa fase le persone apprendono e assimilano i nuovi comportamenti, affrontando l'incertezza del passaggio. Infine si trova la fase di Refreezing, si focalizza sul consolidamento e sulla stabilizzazione dei nuovi standard, integrando stabilmente i processi riprogettati all'interno della cultura e della prassi aziendale quotidiana per evitare il rischio di ricadute nei vecchi schemi informali⁵⁰.

Tali framework dimostrano che la sostenibilità dell'adattamento umano dipende dalla capacità della leadership di guidare questo ciclo con decisione, ad esempio

50: Cfr. Hammer, M., & Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business, pp. 31–50.

creando fin da subito un reale senso di urgenza e generando precoci vittorie operative. Questi successi intermedi consentono di mostrare i benefici tangibili dell'innovazione tecnologica nel breve periodo, risultando indispensabili per rassicurare l'organizzazione, legittimare lo sforzo collettivo e disinnescare la resistenza disizionale e il cinismo diffuso.

Sul piano strettamente operativo e delle competenze umane, la reingegnerizzazione dei processi imposta dall'ERP richiede una strategia duale di sviluppo del capitale umano:

- Upskilling: che consiste nel potenziamento e nell'evoluzione delle competenze già presenti nei Recipients, finalizzato all'utilizzo avanzato delle nuove interfacce e all'estrazione di valore informativo dei dati.
- Reskilling: Si configura come una vera e propria riqualificazione professionale verso mansioni a più alto valore aggiunto, necessaria per quegli operatori le cui mansioni routinarie e analogiche vengono completamente automatizzate dal sistema integrato.

Infine, la saldatura tra la visione teorica dei Strategists e l'operatività dei Recipients necessita di una struttura formale di governance del cambiamento. Tale architettura si poggia sulla presenza imprescindibile di un Executive sponsor, il cui compito è legittimare l'investimento e mantenere costante il commitment strategico. A esso si affianca una rete capillare di Change Champions o Change Agents informali; figure trasversali selezionate all'interno delle diverse unità aziendali che, godendo di un'elevata reputazione tra i pari, fungono da traduttori del cambiamento, facilitando la riduzione dell'ansia da prestazione e promuovendo l'adozione spontanea dei nuovi standard operativi⁵¹.

51: Cfr. Cascio, W. F., & Montealegre, R. (2016). How technology is changing work and organizations. *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, 3(1), pp. 349–375.

3.1. L'implementazione di SAP per l'ottimizzazione delle performance: il caso Nestlé.

Dopo aver ricostruito, nei capitoli precedenti, l'evoluzione storica dei sistemi ERP e il ruolo di SAP come piattaforma abilitante per il superamento dei silos informativi e per l'ottimizzazione della supply chain, risulta necessario calare questo impianto teorico in un contesto aziendale reale, così da poterne verificare concretamente la validità applicativa. Il caso scelto a tale scopo è quello di Nestlé S.A., multinazionale svizzera leader mondiale nel settore alimentare, il cui percorso di implementazione SAP rappresenta probabilmente uno dei casi più studiati e documentati nella letteratura manageriale internazionale, al punto da essere stato oggetto di un case study didattico pubblicato dalla IMD Business School di Losanna, insignito peraltro nel 2010 del premio ECCH nella categoria Strategy & General Management⁵². La scelta di Nestlé come caso di studio risulta particolarmente significativa non solo per la scala e la complessità dell'organizzazione coinvolta, ma anche perché la sua esperienza di implementazione consente di osservare empiricamente, all'interno di un unico percorso aziendale, gran parte delle dinamiche teoriche fin qui descritte; dai silos informativi analizzati nel primo capitolo, alle resistenze al cambiamento organizzativo discusse nel secondo, fino ai benefici quantificabili in termini di accuratezza previsionale e ottimizzazione dei flussi logistici.

Prima dell'avvio del progetto di integrazione SAP, Nestlé operava secondo un modello fortemente decentralizzato, frutto di decenni di espansione per acquisizioni e di una tradizionale autonomia gestionale concessa alle singole divisioni e ai singoli mercati nazionali. Questa configurazione, se da un lato garantiva una spiccata capacità di adattamento alle specificità dei mercati locali, dall'altro generava esattamente quella frammentazione informativa e quei silos dipartimentali descritti nel paragrafo 1.2 tra cui sistemi gestionali non comunicanti

52: Cfr. Killing, P. J., Nestlé's GLOBE Program (A): The early months, Losanna, IMD, Case IMD-3-1334, 2003.

tra loro, anagrafiche duplicate, processi di pianificazione della domanda scarsamente strutturati e privi di un supporto informativo condiviso. Un aneddoto riportato dalla stampa specializzata dell'epoca rende bene l'idea delle inefficienze generate da questa frammentazione. Il processo di previsione della domanda si configurava come una sorta di gioco del telefono senza fili tra funzioni aziendali, in cui l'addetto vendite comunicava una previsione al pianificatore della domanda, quest'ultimo la trasmetteva allo stabilimento produttivo, e lo stabilimento, sovente, ne contestava l'attendibilità rinegoziandola informalmente prima ancora di avviare la produzione⁵³. Questo meccanismo, privo di qualsiasi base dati condivisa e verificabile, rappresenta un'illustrazione empirica pressoché perfetta della miopia decisionale attribuita ai sistemi di gestione pre-ERP discussa nel capitolo 1 a proposito del modello ROP, e conferma come l'assenza di un flusso informativo strutturato comprometta irrimediabilmente l'affidabilità della pianificazione lungo l'intera supply chain.

Fu proprio la controllata statunitense, Nestlé USA, a muovere per prima i primi passi verso l'integrazione, avviando nell'ottobre del 1997 il progetto denominato BEST (Business Excellence through Systems Technology). Il progetto, guidato da un team di circa cinquanta senior manager e dieci professionisti IT, si poneva l'ambizioso obiettivo strategico riassunto nello slogan interno "One Nestlé, under SAP" ovvero trasformare un insieme di divisioni autonome e scarsamente coordinate (bevande, prodotti da forno, alimenti per l'infanzia, prodotti per animali domestici e molte altre) in un'unica entità organizzativa integrata, dotata di processi di lavoro comuni e standardizzati. Sotto il profilo tecnico, il progetto prevedeva l'implementazione di cinque moduli SAP R/3: purchasing, financials, sales & distribution, accounts payable e accounts receivable, affiancati, per la componente di supply chain planning, non da un modulo SAP nativo bensì dalla soluzione Manugistics, scelta deliberatamente al posto del modulo Advanced Planner and Optimizer (APO) di SAP, all'epoca ritenuto ancora troppo recente e

53: Cfr. Worthen, B., Nestlé's ERP Odyssey, in CIO Magazine, 15 maggio 2002.

rischioso per un'implementazione su scala aziendale. Un piccolo team tecnico dedicò diciotto mesi all'analisi e alla standardizzazione delle anagrafiche di prodotto di ciascuna divisione, al fine di costruire un'unica struttura dati condivisa. Da quel momento, ad esempio, il gusto vaniglia sarebbe stato identificato dal medesimo codice articolo in ogni singola divisione dell'azienda, ponendo così le basi tecniche per l'eliminazione delle asimmetrie informative descritte nel capitolo precedente.

Il percorso di implementazione, tuttavia, non fu affatto lineare. Agli inizi del 2000 il progetto BEST attraversò una fase di crisi acuta. I dipendenti, chiamati ad abbandonare pratiche operative consolidate da decenni per adottare processi di lavoro completamente ridisegnati, manifestarono una crescente insofferenza che sfociò in una vera e propria forma di resistenza organizzata, con un calo sensibile del morale interno e un aumento del turnover del personale coinvolto nel progetto. I dirigenti divisionali, in larga parte esclusi dalle fasi di pianificazione e sviluppo del nuovo sistema, si trovarono a gestire un cambiamento imposto dall'alto senza averne pienamente condiviso la logica, alimentando quel disallineamento percettivo tra Strategists e Recipients descritto nel paragrafo 2.4 a proposito dei fallimenti nei percorsi di adattamento organizzativo. La crisi fu affrontata attraverso una parziale ridefinizione del progetto, con il coinvolgimento diretto di un gruppo più ampio di stakeholder aziendali nella ridefinizione delle priorità e della tempistica realizzativa. Jeri Dunn, all'epoca Chief Information Officer di Nestlé USA, sintetizzò efficacemente la lezione appresa da questa esperienza affermando che nessuna grande implementazione software riguarda realmente il software in sé, quanto piuttosto la gestione del cambiamento organizzativo che essa necessariamente comporta⁵⁴. Questa affermazione, per quanto formulata nel linguaggio pragmatico del management aziendale, anticipa in modo sorprendente le categorie teoriche di resistenza cognitiva, affettiva e comportamentale al cambiamento discusse in questo elaborato, confermando come le criticità di natura

54: Cfr. Worthen, B., Nestlé's ERP Odyssey, cit.

umana e organizzativa rappresentino, ancora oggi, il principale fattore critico di successo nei progetti di trasformazione digitale.

Parallelamente al consolidamento del progetto BEST negli Stati Uniti, nel giugno del 2000 la capogruppo Nestlé S.A. decise di estendere la logica di integrazione all'intero gruppo su scala globale, firmando con SAP un contratto per un valore dichiarato di 200 milioni di dollari, a cui si aggiunsero ulteriori 80 milioni di dollari per i servizi di consulenza e manutenzione, nell'ambito di un più ampio programma di rinnovamento dell'infrastruttura tecnologica aziendale stimato complessivamente in circa 500 milioni di dollari. Nacque così ufficialmente il programma GLOBE (Global Business Excellence), destinato a diventare, secondo quanto documentato dal caso didattico dell'IMD Business School, il più grande roll-out SAP mai realizzato fino a quel momento su scala mondiale. Un progetto dall'orizzonte temporale di cinque anni e un costo complessivo stimato in circa 3 miliardi di franchi svizzeri, affidato al manager Chris Johnson e alla sua neocostituita organizzazione di progetto con sede in Svizzera⁵⁵. Secondo alcune ricostruzioni successive disponibili in letteratura manageriale, il programma GLOBE sarebbe arrivato, nelle sue fasi di maggiore maturità, a unificare oltre 90.000 utenti, integrando i processi di circa 300 stabilimenti produttivi e 350 centri di distribuzione dislocati in tutto il mondo, ponendo così le basi per la piena realizzazione del paradigma "one business" descritto nel paragrafo 1.2⁵⁶.

Sotto il profilo dei risultati economico-gestionali, l'implementazione SAP produsse benefici quantificabili significativi. Secondo quanto dichiarato dalla stessa Nestlé USA, il progetto BEST avrebbe generato, già entro il 2002, risparmi complessivi superiori ai 325 milioni di dollari, derivanti in larga parte proprio dal miglioramento dei processi di previsione della domanda. L'adozione di un database unico e condiviso consentì infatti di sostituire il precedente processo previsionale, basato su negoziazioni informali e scarsamente verificabili tra

55: Cfr. Killing, P. J., Nestlé's GLOBE Program (A): The early months, cit.

56: Cfr. Manuel, I., Nestle: A Case of Enterprise Architecture Excellence in SAP Adoption, SAP Enterprise Architecture (EA) Course, in isaacmanuel.org, 2025.

funzioni aziendali, con un sistema di pianificazione della domanda affidabile e granulare, in grado di scendere fino al livello del singolo centro di ridistribuzione. Questo miglioramento nell'accuratezza previsionale si tradusse, a cascata, in una serie di benefici operativi concreti:

- Una più efficiente saturazione della capacità produttiva degli stabilimenti, con conseguente razionalizzazione del numero complessivo di siti produttivi necessari;
- Una riduzione dei livelli di scorta immobilizzata lungo la catena distributiva; e una maggiore capacità di risposta alle fluttuazioni della domanda di mercato.

Tali risultati, per quanto ottenuti circa un ventennio prima della piena maturazione dei moderni strumenti di intelligenza artificiale applicata alla supply chain descritti nel capitolo precedente, dimostrano empiricamente come la sola integrazione dei flussi informativi, in assenza di qualsiasi componente predittiva avanzata, fosse già in grado di generare un miglioramento sostanziale delle performance di pianificazione rispetto al modello previgente.

Il percorso di evoluzione tecnologica di Nestlé, peraltro, non si è affatto arrestato con il completamento del programma GLOBE nei primi anni Duemila, ma è proseguito costantemente nel tempo, seguendo una traiettoria che ricalca fedelmente l'evoluzione storica di SAP ricostruita nel primo capitolo di questo elaborato. Nel 2015, infatti, l'infrastruttura GLOBE è stata sottoposta a un profondo processo di semplificazione architetturale, con la migrazione a SAP Suite on HANA, la piattaforma in-memory di nuova generazione sviluppata da SAP, nell'ambito di un progetto realizzato in collaborazione con SAP Labs France e finalizzato a ridurre la complessità del panorama applicativo del gruppo⁵⁷. Più recentemente, a partire dal 2022, Nestlé ha completato la transizione dai tradizionali sistemi ERP on-premise al moderno SAP S/4HANA Cloud Private Edition, dotandosi così di quello che l'azienda stessa definisce un digital core

57: Cfr. SAP Labs France helps Nestlé Run Simpler on HANA!, in blogs.sap.com, 13 luglio 2015.

robusto e pienamente predisposto all'implementazione, su scala, di soluzioni di intelligenza artificiale e automazione lungo l'intera catena del valore, incluso il futuro utilizzo di Joule, il copilota conversazionale basato su intelligenza artificiale generativa sviluppato da SAP⁵⁸.

Il caso Nestlé, nel suo complesso, offre dunque una duplice chiave di lettura.

Da un lato, dimostra in modo empiricamente solido come l'implementazione di un sistema ERP integrato rappresenti una leva strategica concreta ed efficace per il superamento dei silos informativi e per l'ottimizzazione delle performance logistiche e di supply chain, coerentemente con quanto argomentato nei capitoli precedenti. Dall'altro lato, proprio l'analisi approfondita del meccanismo di pianificazione della domanda implementato attraverso il progetto GLOBE, per quanto profondamente migliorato rispetto al modello previgente, rivela un limite strutturale ancora insito nell'architettura SAP tradizionale, ovvero, un sistema previsionale che, seppur ampiamente digitalizzato e integrato, continua a fondarsi in misura predominante sull'elaborazione di serie storiche di vendita e su processi decisionali che richiedono comunque un consistente intervento umano di validazione e negoziazione tra le diverse funzioni aziendali. È proprio a partire da questo limite strutturale, ancora presente nei sistemi ERP di prima e seconda generazione, che il paragrafo successivo intende sviluppare l'analisi critica della pianificazione basata su serie storiche, ponendo le premesse teoriche necessarie per l'introduzione, nel paragrafo successivo, di un caso aziendale fondato sull'integrazione nativa di modelli predittivi basati su intelligenza artificiale.

58: Cfr. Nestlé S.A., Nestlé increases speed and consumer focus with landmark digital core upgrade that enables AI and automation at scale, comunicato stampa ufficiale, in [nestle.com](https://www.nestle.com).

3.2. Limiti della pianificazione basata su serie storiche: la necessità di modelli predittivi.

Il caso Nestlé analizzato nel paragrafo precedente ha dimostrato come l'implementazione di un sistema ERP integrato, attraverso il programma GLOBE, sia stata in grado di abbattere gran parte dei silos informativi che caratterizzavano l'organizzazione precedente, sostituendo un processo previsionale frammentato e negoziato informalmente tra funzioni con un'unica base dati condivisa su scala globale. Proprio l'osservazione conclusiva del paragrafo precedente, tuttavia, apre a una domanda più profonda, che merita un approfondimento autonomo. Questo paragrafo intende analizzare criticamente, sempre a partire dal caso Nestlé già introdotto, cinque limiti strutturali propri dei modelli di pianificazione fondati sull'elaborazione di serie storiche, distinguendo in ciascun caso quali criticità siano attribuibili a un'implementazione ancora incompleta e quali, invece, siano riconducibili a un limite intrinseco del paradigma statistico-previsionale tradizionale, indipendentemente dal grado di maturità raggiunto dal sistema informativo che lo ospita.

Il primo limite riguarda quella che può essere definita una miopia strutturale dei modelli di previsione basati su serie storiche. Tecniche largamente diffuse nei sistemi ERP di prima e seconda generazione, quali le medie mobili, lo smorzamento esponenziale o i modelli autoregressivi di tipo ARIMA, condividono un presupposto epistemologico comune ovvero l'assunzione, implicita o esplicita, che le dinamiche future della domanda replichino sostanzialmente i pattern osservati nel passato. Tale assunzione regge ragionevolmente bene in contesti di domanda stabile e stagionalità regolare, ma tende a fallire proprio nelle condizioni in cui la capacità predittiva sarebbe più necessari come ad esempio in bruschi cambi di regime, campagne promozionali non ricorrenti, shock esogeni o l'ingresso di nuovi prodotti privi di uno storico di vendita significativo. La letteratura accademica più recente conferma sistematicamente questo limite, osservando come i modelli statistici lineari tradizionali risultino strutturalmente

meno efficaci nel catturare le dinamiche non lineari e le fluttuazioni improvvise tipiche dei moderni mercati di consumo⁵⁹. Applicando questa chiave di lettura al caso Nestlé, è significativo osservare come, secondo quanto dichiarato dalla stessa azienda nel corso di una presentazione a un convegno di settore, il miglioramento dell'accuratezza previsionale ottenuto grazie al programma GLOBE si sia attestato attorno al 2%⁶⁰. Un valore che, se confrontato con l'entità dell'investimento realizzato, appare piuttosto contenuto. Occorre tuttavia maneggiare questo dato con la dovuta cautela metodologica, trattandosi di una cifra auto-dichiarata dall'azienda stessa e non verificata da fonti terze indipendenti; ciononostante, anche accogliendo tale dato con beneficio d'inventario, esso suggerisce una lettura più sfumata rispetto alla semplice conclusione che l'integrazione SAP non abbia prodotto benefici previsionali. Il punto critico da rilevare è piuttosto un altro ovvero l'eliminazione dei silos informativi rappresenta una condizione necessaria ma non sufficiente per una previsione realmente intelligente della domanda, poiché la disponibilità di un dato unico e condiviso non modifica, di per sé, la logica di calcolo statistico-estrapolativa che elabora quel medesimo dato.

A questo proposito, vale la pena richiamare una criticità metodologica più generale, già in parte anticipata a proposito del dato dei 325 milioni di dollari di risparmio citato nel paragrafo precedente a proposito del progetto BEST. Nella letteratura dedicata alla valutazione dei progetti ERP è infatti ampiamente riconosciuto come risulti metodologicamente complesso isolare l'effetto specifico del sistema informativo dagli effetti di altre iniziative di riorganizzazione, razionalizzazione dei processi e ristrutturazione che tipicamente accompagnano, in parallelo, un progetto di questa portata⁶¹. Nel caso Nestlé, ad esempio, il progetto BEST non si limitò a introdurre un nuovo sistema informativo, ma comportò contestualmente una riprogettazione radicale dei processi operativi, una razionalizzazione del numero di stabilimenti produttivi e una standardizzazione delle anagrafiche di prodotto; interventi che, singolarmente, avrebbero potuto

59: Cfr. Feizabadi, J., Machine learning demand forecasting and supply chain performance, in *International Journal of Logistics Research and Applications*, vol. 25, n. 2, 2022, pp. 119-142.

60: Cfr. Brownson, J., & Mitchell-Keller, L., Nestlé USA – Integrated CRM and SCM: Optimize Enterprise Effectiveness, case study presentato alla conferenza DCI CRM.

61: Cfr. Mabert, V. A., *The evolution of enterprise resource planning systems*, cit.

generare una parte dei benefici complessivamente attribuiti al progetto SAP nel suo insieme. Questa osservazione non intende sminuire il valore dei risultati conseguiti da Nestlé, quanto piuttosto invitare a una lettura scientificamente più prudente dei case study aziendali diffusi dalla stampa specializzata e dalle stesse aziende protagoniste, i quali tendono fisiologicamente a presentare risultati aggregati senza sempre esplicitare il contributo marginale della sola componente tecnologica rispetto all'insieme più ampio delle iniziative di cambiamento organizzativo che la accompagnano. Questa cautela metodologica, come si vedrà, andrà mantenuta anche nel paragrafo successivo nel valutare i risultati quantitativi riconducibili all'integrazione dell'intelligenza artificiale nei processi logistici.

Il secondo limite riguarda la persistenza, seppur attenuata, del cosiddetto bullwhip effect già discusso nel capitolo precedente a proposito delle distorsioni informative lungo la supply chain. Occorre qui operare una distinzione concettuale rilevante. La letteratura di riferimento individua molteplici fonti della distorsione della domanda man mano che ci si allontana dal cliente finale, tra cui l'aggiornamento sequenziale delle previsioni a ogni passaggio di filiera, la formazione di lotti d'ordine per ragioni di economia di scala, le distorsioni indotte da politiche promozionali e i fenomeni di razionamento speculativo degli ordini in condizioni di scarsità percepita⁶². Un ERP integrato come quello adottato da Nestlé agisce efficacemente sulla prima di queste componenti, quella propriamente informativa, poiché la disponibilità di un'unica base dati condivisa riduce drasticamente la necessità, per ciascun nodo della filiera, di reinterpretare e ridistorcere il segnale di domanda ricevuto dal proprio cliente immediato. Tuttavia, le restanti componenti del fenomeno, di natura comportamentale e incentivante più che informativa, non vengono automaticamente risolte dalla sola integrazione dei dati. Il batching degli ordini per ragioni di convenienza logistica, le distorsioni indotte da promozioni commerciali e le dinamiche di over-ordering precauzionale

62: Cfr. Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S., Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect, cit.

continuano a generare amplificazione della variabilità anche in presenza di un sistema informativo pienamente integrato. Il beneficio prodotto dall'ERP tradizionale sul bullwhip effect risulta pertanto reale e misurabile, ma parziale, un'osservazione che invita a ridimensionare criticamente la narrazione, talvolta presente nella letteratura manageriale divulgativa, secondo cui la sola integrazione informativa costituirebbe una soluzione esaustiva al problema.

Il terzo limite concerne la dipendenza ancora significativa, anche nei sistemi ERP più maturi, dal fattore umano nel processo di pianificazione della domanda. Come emerso nell'analisi del caso Nestlé, il meccanismo del “telefono senza fili” tra funzione vendite, pianificazione e stabilimento produttivo, per quanto sensibilmente attenuato dalla disponibilità di dati condivisi e verificabili, non risulta interamente eliminato dal programma GLOBE. La definizione finale del piano di produzione continua infatti a richiedere cicli di negoziazione e validazione manuale tra le diverse funzioni aziendali, con conseguenti cicli di pianificazione ancora scanditi da cadenze periodiche (settimanali o mensili) piuttosto che da un aggiornamento realmente continuo. Occorre tuttavia evitare, a questo proposito, una lettura semplicistica secondo cui un maggior grado di automazione rappresenterebbe sempre e comunque un miglioramento. Il giudizio umano nel processo di pianificazione conserva un valore intrinseco, legato alla capacità di contestualizzare informazioni qualitative non facilmente codificabili, di gestire eccezioni non previste dal modello e di assumersi la responsabilità ultima delle decisioni operative, aspetti già richiamati nel paragrafo 2.4 a proposito del ruolo dei Recipients nei processi di cambiamento organizzativo⁶³. Il problema strutturale non risiede dunque nella persistenza dell'intervento umano in quanto tale, quanto piuttosto nel fatto che tale intervento continui a operare in larga parte privo di strumenti predittivi avanzati a supporto, costringendo i pianificatori a colmare con

63: Cfr. Balogun, J., & Johnson, G., Organizational restructuring and middle managers' sensemaking, cit.

l'esperienza soggettiva un vuoto informativo che un sistema realmente intelligente potrebbe invece colmare in modo sistematico e verificabile.

Il quarto limite riguarda la sostanziale cecità dei modelli di previsione basati su serie storiche rispetto alle variabili esogene e ai dati non strutturati. Un sistema di pianificazione fondato esclusivamente sullo storico delle vendite non incorpora nativamente segnali potenzialmente decisivi quali le condizioni meteorologiche, le tendenze di conversazione sui social media, il calendario di eventi locali, le azioni di prezzo o di comunicazione dei concorrenti, o ancora le informazioni qualitative contenute in comunicazioni non strutturate scambiate con clienti e fornitori. Anche a questo proposito, tuttavia, risulta necessario mantenere un approccio critico e non ingenuamente entusiastico nei confronti delle tecnologie predittive avanzate che verranno approfondite nel paragrafo successivo. La letteratura scientifica più rigorosa non presenta l'intelligenza artificiale come una soluzione automaticamente superiore in ogni condizione. Un contributo scientifico pubblicato sull'*International Journal of Logistics Research and Applications* evidenzia infatti come i metodi di machine learning e i metodi statistici tradizionali siano soggetti a un trade-off strutturale tra varianza ed errore sistematico, e come talvolta modelli statistici più semplici abbiano prodotto un'accuratezza previsionale comparabile, se non superiore, rispetto a modelli di apprendimento automatico più sofisticati⁶⁴. Anche i modelli predittivi avanzati, in altre parole, restano esposti a rischi concreti quali l'overfitting sui dati storici di addestramento o la presenza di bias sistematici nei dataset utilizzati. Questa consapevolezza critica non sminuisce la necessità di superare i limiti dei modelli puramente statistico-previsionali, ma impone di affrontare il tema dell'intelligenza artificiale applicata alla supply chain con lo stesso rigore analitico riservato in questo elaborato ai sistemi ERP tradizionali, evitando di sostituire un eccesso di fiducia

64: Cfr. Feizabadi, J., Machine learning demand forecasting and supply chain performance, cit.

nei modelli storici con un'analoga fiducia acritica nei confronti delle nuove tecnologie predittive.

Il quinto e ultimo limite riguarda la scalabilità granulare dei modelli previsionali tradizionali. Organizzazioni della complessità e della dimensione di Nestlé, caratterizzate da un portafoglio composto da migliaia di referenze distribuite su centinaia di mercati nazionali, possono gestire con relativa efficacia una previsione statistica a livello aggregato (per categoria di prodotto o per area geografica) ma incontrano crescenti difficoltà nel momento in cui la pianificazione debba scendere al livello del singolo articolo, del singolo punto vendita e della singola giornata. A questo livello di disaggregazione, infatti, i metodi puramente statistici tendono a generare una varianza previsionale eccessiva, poiché la scarsità di osservazioni storiche significative per ciascuna combinazione prodotto-mercato-periodo riduce sensibilmente l'affidabilità della stima. Occorre precisare, in un'ottica critica, che tale limite non deve essere interpretato come un vincolo assoluto e insuperabile, quanto piuttosto come un trade-off economico da valutare caso per caso. Aumentare la granularità previsionale comporta infatti costi computazionali e organizzativi crescenti, che possono non essere giustificati per tutte le categorie di prodotto o per tutti i mercati serviti dall'azienda, specialmente laddove il valore aggiunto di una previsione più dettagliata non compensi adeguatamente lo sforzo implementativo richiesto.

Nel loro complesso, i cinque limiti fin qui analizzati delineano un quadro coerente, anche un'implementazione SAP di riferimento e ampiamente documentata come quella realizzata da Nestlé attraverso il programma GLOBE, pur avendo conseguito risultati concreti e misurabili in termini di eliminazione dei silos informativi e di miglioramento parziale dell'accuratezza previsionale, non è stata in grado di superare integralmente i limiti strutturali intrinseci al paradigma della pianificazione basata su serie storiche e sulla validazione umana periodica. Tali limiti, come si è cercato di argomentare in chiave critica, non sono interamente

riconducibili a un'implementazione incompleta o a un ritardo tecnologico colmabile con un semplice aggiornamento del sistema esistente, ma riflettono un vincolo strutturale della logica statistico-estrapolativa in quanto tale, indipendentemente dal grado di integrazione informativa raggiunto. Diventa pertanto necessario, per le organizzazioni che competono in mercati caratterizzati da crescente volatilità della domanda e da cicli di vita dei prodotti sempre più brevi, esplorare architetture di pianificazione realmente predittive. Sistemi capaci di apprendere pattern non lineari dai dati storici, di integrare nativamente variabili esogene e fonti informative non strutturate, e di ridurre il ciclo decisionale da una cadenza periodica a un aggiornamento sostanzialmente continuo. È esattamente su questo terreno che i moderni sistemi ERP potenziati dall'intelligenza artificiale iniziano a offrire un contributo concreto e misurabile, come si vedrà nel paragrafo successivo attraverso l'analisi di un caso aziendale (quello di Microsoft) nel quale l'integrazione nativa di modelli predittivi avanzati in ambiente SAP ha consentito di trasformare una supply chain reattiva in un sistema di pianificazione realmente predittivo.

3.3. L'integrazione dell'Intelligenza Artificiale nei processi logistici: il caso Microsoft.

Il paragrafo precedente si è chiuso individuando, nei limiti strutturali della pianificazione fondata su serie storiche, la necessità di esplorare architetture di pianificazione realmente predittive, capaci di apprendere pattern non lineari, integrare fonti dati non strutturate e ridurre il ciclo decisionale a un aggiornamento sostanzialmente continuo. Questo paragrafo intende rispondere a tale esigenza analizzando il caso di Microsoft Corporation, che rappresenta con chiarezza il salto di paradigma qui in discussione. A differenza del caso Nestlé, nel quale SAP interveniva prevalentemente come strumento di gestione e integrazione di grandi masse di dati transazionali, il caso Microsoft sposta il baricentro dell'analisi, non più la semplice capacità di raccogliere, unificare e rendere disponibile il dato lungo la filiera, bensì la capacità di un sistema ERP potenziato dall'intelligenza artificiale di generare autonomamente conoscenza predittiva a partire da quello stesso dato, attraverso analisi che i sistemi tradizionali non erano strutturalmente in grado di eseguire. Microsoft costituisce un caso di studio particolarmente significativo proprio perché non si tratta di un'azienda nativamente digitale priva di una componente logistica fisica, bensì di un colosso tecnologico che gestisce una supply chain manifatturiera e distributiva concreta e complessa (relativa in particolare al proprio business Devices, comprendente l'hardware Surface e i relativi accessori) affrontando dunque sfide di pianificazione della domanda e di gestione delle scorte del tutto analoghe, sotto il profilo strutturale, a quelle già incontrate da Nestlé.

Prima di intraprendere il percorso di trasformazione qui analizzato, Microsoft si trovava in una condizione che merita di essere definita come una forma di silos informativi di seconda generazione. A differenza di Nestlé nella fase precedente al programma GLOBE, Microsoft disponeva già di un'infrastruttura SAP consolidata per la gestione dei processi transazionali della propria supply chain; tuttavia, secondo quanto documentato dalla stessa azienda, soltanto circa il 20% dei dati

necessari a una pianificazione realmente informata risultava strutturato e sistematicamente accessibile, mentre il restante 80% continuava a vivere disperso in fogli elettronici Excel, comunicazioni via posta elettronica, strumenti di messaggistica istantanea e presentazioni PowerPoint⁶⁵. Il perimetro operativo coinvolto risultava tutt'altro che marginale: oltre 42.000 referenze attive, distribuite su 33 centri produttivi e distributivi dislocati in 108 paesi, in un contesto di mercato caratterizzato da aspettative crescenti dei clienti in termini di rapidità di consegna e da una costante pressione sui margini⁶⁶. Questo scenario configura un problema di natura diversa rispetto a quello affrontato da Nestlé; non l'assenza di un sistema informativo integrato, quanto piuttosto la presenza di un ERP maturo il cui patrimonio informativo restava ancora ampiamente sotto-utilizzato dal punto di vista predittivo, poiché la pianificazione continuava a fondarsi su elaborazioni prevalentemente manuali e su cicli di aggiornamento lenti (esattamente le criticità individuate in astratto nel paragrafo precedente a proposito dei limiti dei modelli previsionali tradizionali).

Muovendo da questa condizione, Microsoft ha strutturato un percorso di trasformazione digitale della propria supply chain attorno a tre obiettivi dichiarati:

- costruire una visione olistica del business attraverso l'interconnessione sistematica delle fonti dati disponibili;
- evolvere da un approccio prevalentemente reattivo a uno predittivo, sfruttando tecniche di elaborazione di grandi volumi di dati e di apprendimento automatico;
- abilitare processi decisionali più rapidi attraverso il supporto di algoritmi predittivi automatizzati.

Sotto il profilo architetturale, la scelta tecnologica operata da Microsoft risulta particolarmente istruttiva alla luce dell'impianto teorico proposto nel capitolo 2 di questo elaborato. Anziché affidarsi esclusivamente alle funzionalità predittive

65: Cfr. SAP SE, Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning, customer success story, in sap.com.

66: Cfr. SAP SE, Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning, cit.

native offerte dal proprio ambiente SAP, l'azienda ha adottato un'architettura best of breed, integrando SAP Integrated Business Planning con Microsoft Azure e i relativi servizi di Azure Machine Learning, secondo la medesima logica di interoperabilità tra soluzioni verticali specializzate già descritta a proposito del ruolo dell'ERP come layer integrativo centrale. Deepak Kapoor, Principal Group Product Manager coinvolto nel progetto, ha efficacemente sintetizzato l'obiettivo ultimo dell'iniziativa ricorrendo all'espressione "sentient supply chain", una supply chain sensibile e reattiva ai segnali provenienti dall'ambiente circostante⁶⁷. Questa scelta architetturale non è tuttavia priva di implicazioni critiche. Affidarsi a un'intelligenza predittiva esterna al perimetro nativo SAP comporta, quale contropartita della maggiore flessibilità tecnologica, un incremento della complessità di integrazione e una forma di dipendenza incrociata da due fornitori distinti, un trade-off che le imprese di dimensioni minori, prive delle competenze ingegneristiche interne di cui dispone Microsoft, potrebbero non essere nelle condizioni di sostenere con altrettanta efficacia. Sul piano più strettamente tecnico, il meccanismo alla base di questa architettura risulta documentato con un buon grado di dettaglio, i segnali di domanda raccolti attraverso i servizi Azure vengono elaborati da un modello di machine learning sviluppato e mantenuto tramite Azure Machine Learning Services, per poi essere reintegrati in SAP IBP attraverso interfacce dedicate, alimentando così in modo automatizzato e sostanzialmente continuo l'intero processo di pianificazione⁶⁸. Un ulteriore elemento rilevante riguarda la gestione del cambiamento organizzativo. Consapevole delle criticità di adozione già osservate nel caso Nestlé, il team di progetto ha sviluppato un componente aggiuntivo per Excel integrato nativamente con SAP IBP, così da consentire ai pianificatori (storicamente abituati a operare su fogli di calcolo) di avvicinarsi al nuovo sistema senza dover abbandonare bruscamente gli strumenti di lavoro a loro familiari, riducendo la resistenza al cambiamento attraverso un

67: Cfr. SAP SE, Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning, cit.

68: Cfr. SAP Digital Supply Chain on Azure – Combining strengths to expand innovations for our joint customers, in community.sap.com, 2021.

Il contributo più significativo dell'integrazione tra SAP e intelligenza artificiale non risiede tanto nella velocizzazione di processi già esistenti, quanto nell'abilitazione di analisi che i sistemi ERP tradizionali, per quanto pienamente integrati, non erano strutturalmente in grado di eseguire. Il paragrafo precedente ha individuato, tra i limiti dei modelli previsionali fondati su serie storiche, l'incapacità di incorporare nativamente segnali esogeni e informazioni non strutturate. Il caso Microsoft rappresenta, sotto questo specifico profilo, una risposta diretta e concreta a tale limite. Secondo quanto dichiarato da Suresh Michael Raja, Principal Program Manager coinvolto nel progetto, il sistema arriva oggi a catturare circa 50 milioni di data point al giorno lungo l'intera catena del valore, dalle materie prime fino al cliente finale, trasformando così la pianificazione da un esercizio periodico e sostanzialmente reattivo a un processo continuo e anticipatorio⁶⁹. Questa capacità di elaborazione automatizzata consente, in particolare, di generare e confrontare scenari previsionali alternativi in tempi pressoché istantanei, un'operazione che, nel modello previgente basato su elaborazioni manuali distribuite su fogli elettronici eterogenei, avrebbe richiesto giorni di lavoro coordinato tra più funzioni aziendali. È utile ricollegare questa evoluzione al quadro storico ricostruito nel primo capitolo di questo elaborato a proposito del progressivo affinamento del controllo Capable to Promise e degli algoritmi di ottimizzazione dei sistemi SAP PP-DS, laddove tali strumenti, nella loro configurazione tradizionale, restano comunque ancorati a una logica di calcolo prevalentemente deterministica basata su vincoli noti e regole predefinite, l'integrazione di modelli di machine learning consente di incorporare pattern di comportamento della domanda non lineari e di adattarsi dinamicamente a segnali che un sistema puramente regolistico non sarebbe strutturalmente in grado di interpretare in autonomia. Anche in questo caso, tuttavia, occorre mantenere fermo il medesimo approccio critico già adottato nel paragrafo precedente rispetto al dibattito accademico su modelli statistici e modelli di apprendimento automatico.

69: Cfr. SAP SE, Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning, cit.

La capacità di elaborare 50 milioni di data point giornalieri rappresenta senza dubbio un salto quantitativo rilevante rispetto al modello previgente, ma non costituisce di per sé una garanzia di accuratezza predittiva superiore, poiché anche i modelli alimentati da volumi di dati più ampi restano esposti ai medesimi rischi di overfitting e di bias nei dati di addestramento già richiamati in precedenza.

Sotto il profilo dei risultati misurabili, la trasformazione digitale della supply chain Microsoft ha prodotto miglioramenti quantificati particolarmente significativi. Il ciclo di pianificazione, che richiedeva mediamente circa cinque giornate lavorative nel modello previgente, si è ridotto a meno di una singola giornata; i processi di pianificazione manuale sono diminuiti del 50%, mentre la puntualità nella pianificazione degli ordini d'acquisto (misurata in termini di ordini creati, trasmessi e confermati nei tempi previsti) è aumentata del 75%. Sotto il profilo economico-finanziario, la riduzione delle scorte di prodotto finito ha consentito di evitare rischi di magazzino stimati in oltre 550 milioni di dollari, mentre un incremento superiore al 20% nella disponibilità a scaffale si è tradotto in un aumento delle vendite del 4%, corrispondente a circa 50 milioni di dollari di ricavi incrementali; il sistema garantisce inoltre una disponibilità operativa pari al 99,9%⁷⁰. Si tratta, complessivamente, di un insieme di risultati quantitativamente più marcato rispetto a quanto osservato a proposito del caso Nestlé, sia in termini di velocità del ciclo decisionale sia in termini di impatto economico diretto sulle vendite, una differenza che, come si vedrà successivamente, merita però di essere contestualizzata con attenzione prima di trarne conclusioni definitive.

Prima di trarre conclusioni, tuttavia, è necessario sottoporre questi risultati alla stessa cautela metodologica già applicata nel paragrafo precedente ai dati relativi al caso Nestlé, ed anzi rafforzandola ulteriormente. A differenza delle fonti utilizzate per la ricostruzione del caso Nestlé (che includevano un case study didattico elaborato da una business school indipendente e un'inchiesta giornalistica di una testata specializzata) la fonte primaria dei dati quantitativi qui

70: Cfr. SAP SE, Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning, cit.

riportati è rappresentata da un case study pubblicato direttamente da SAP, ossia dal fornitore della tecnologia oggetto di analisi. Questa circostanza non implica automaticamente un'inattendibilità dei dati riportati, ma impone una lettura critica più accorta. I case study pubblicati dai fornitori tecnologici rispondono fisiologicamente anche a una finalità promozionale, tendono a selezionare i risultati più favorevoli e, di norma, non riportano le eventuali difficoltà, i costi o le tempistiche di implementazione realmente incontrate. Nel caso Nestlé, il racconto della crisi organizzativa attraversata nel 2000 conferiva al case study una maggiore credibilità complessiva, proprio perché non celava gli insuccessi intermedi; nel caso Microsoft, al contrario, la narrazione disponibile risulta interamente positiva, priva di qualunque riferimento a criticità incontrate lungo il percorso, il che può configurare una forma di survivorship bias tipica della letteratura di case study a finalità commerciale.

Il caso Microsoft, letto congiuntamente al caso Nestlé già analizzato, permette di tracciare con chiarezza la linea di demarcazione teorica al centro di questo capitolo. Se l'implementazione SAP tradizionale rappresentata dal programma GLOBE ha dimostrato come l'integrazione dei flussi informativi costituisca una condizione necessaria per il superamento dei silos organizzativi, il caso Microsoft dimostra come tale integrazione, se ulteriormente potenziata dall'innesto di modelli di intelligenza artificiale, sia in grado di produrre un salto qualitativo nella capacità predittiva del sistema, abilitando analisi automatizzate in precedenza semplicemente non realizzabili e riducendo sensibilmente la dipendenza del processo decisionale dalla validazione manuale periodica. Resta tuttavia aperta, alla luce della cautela metodologica appena esposta, la necessità di un confronto più sistematico e strutturato tra i due paradigmi. È esattamente questo l'obiettivo del paragrafo successivo, che metterà a confronto in modo sistematico i due casi aziendali fin qui analizzati, isolando le dimensioni lungo le quali il salto verso un ERP potenziato dall'intelligenza artificiale produce un vantaggio realmente misurabile rispetto al modello tradizionale, e quelle in cui, invece, tale vantaggio richiede ancora una verifica empirica più solida e indipendente.

3.4. Analisi comparativa: SAP tradizionale vs SAP AI-Powered nella gestione della logistica e della supply chain.

Dopo aver analizzato in dettaglio, nei paragrafi precedenti, il caso Nestlé quale esempio di implementazione SAP tradizionale e il caso Microsoft quale esempio di integrazione tra SAP e intelligenza artificiale, questo paragrafo si propone di metterli sistematicamente a confronto. Prima di procedere, tuttavia, è necessario esplicitare con chiarezza una sostanziale differenza tra i due casi.

Nestlé e Microsoft operano in settori radicalmente diversi (rispettivamente largo consumo alimentare e tecnologia/hardware).

Questo paragrafo adotta pertanto un obiettivo più circoscritto e, si ritiene, più solido; non stabilire quale dei due paradigmi sia in assoluto superiore, bensì isolare le dimensioni strutturali lungo le quali i due approcci si differenziano, e comprendere in quali condizioni organizzative essi risultino rispettivamente più funzionali.

Il primo elemento che emerge dal confronto riguarda il contesto temporale in cui ciascuna trasformazione si è realizzata. Il progetto BEST e il successivo programma GLOBE, avviati da Nestlé tra il 1997 e il 2000, si sono sviluppati in un'epoca in cui l'obiettivo prioritario e tecnologicamente disponibile era l'integrazione dei flussi informativi attraverso un database relazionale unificato, mentre le tecniche di apprendimento automatico applicate alla previsione della domanda non costituivano ancora un'opzione tecnologicamente matura e diffusa su scala industriale. La trasformazione digitale della supply chain Microsoft, al contrario, si colloca in un momento storico in cui l'infrastruttura cloud e i servizi di machine learning risultavano già pienamente disponibili e integrabili con l'ambiente SAP esistente. Questa asimmetria temporale non è un dettaglio marginale, ma un fattore esplicativo di primo piano, riconducibile ai principi della teoria della contingenza organizzativa, secondo cui non esiste un'unica architettura gestionale ottimale in assoluto, ma solo soluzioni più o meno adeguate rispetto alle

condizioni ambientali e tecnologiche disponibili in un dato momento storico¹. Non è possibile stabilire con certezza, in altre parole, se Nestlé, implementando oggi un progetto equivalente a GLOBE, opterebbe per un'architettura analoga a quella realizzata allora o per una soluzione già nativamente potenziata dall'intelligenza artificiale. Un secondo elemento di contingenza riguarda la disponibilità di competenze e risorse tecnologiche interne. Come già rilevato nel paragrafo 3.3, Microsoft ha potuto costruire l'architettura predittiva della propria supply chain facendo leva su competenze di intelligenza artificiale sviluppate internamente attraverso la propria divisione Azure, un vantaggio strutturale non replicabile automaticamente da qualsiasi organizzazione. Nestlé, nel realizzare il programma GLOBE, ha invece dovuto fare affidamento in larga parte su risorse di consulenza esterna e sul supporto diretto di SAP, secondo un modello di implementazione più tradizionale e maggiormente dipendente da fornitori terzi, come illustrato nel paragrafo 3.1. Questa differenza suggerisce che la scelta tra un'architettura SAP tradizionale e una potenziata dall'intelligenza artificiale non dipenda esclusivamente dal settore di appartenenza dell'azienda, quanto piuttosto dalla combinazione tra il momento storico dell'implementazione e la maturità delle competenze tecnologiche interne disponibili per sostenere un'architettura best of breed più complessa. Un terzo elemento riguarda infine la natura specifica del problema organizzativo di partenza. Nel caso Nestlé, la criticità predominante era rappresentata dalla frammentazione informativa tra divisioni autonome e scarsamente coordinate. Un problema per sua natura risolvibile primariamente attraverso l'integrazione dei dati e l'unificazione dei processi, indipendentemente dalla sofisticazione dell'algoritmo di calcolo successivamente impiegato⁷¹. Nel caso Microsoft, come illustrato nel paragrafo 3.3, il problema di partenza era di natura diversa, non l'assenza di un sistema informativo integrato, ma la presenza di un ERP già maturo il cui patrimonio informativo restava sotto-utilizzato dal punto di vista predittivo. È ragionevole ritenere che, laddove il problema

71: Cfr. Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W., *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration*, Boston, Harvard Business School Press, 1967.

organizzativo principale risieda ancora nella frammentazione dei dati e nei silos informativi di prima generazione, l'investimento prioritario debba orientarsi verso l'integrazione dei processi più che verso la sofisticazione algoritmica, mentre laddove tale integrazione sia già stata conseguita, l'investimento in capacità predittive avanzate produca un valore marginale più elevato.

Successivamente è possibile notare come sotto il profilo del problema organizzativo di partenza, Nestlé si confrontava con una frammentazione informativa tra divisioni autonome riconducibile a silos di prima generazione, mentre Microsoft partiva da un ERP già maturo ma sotto-utilizzato a fini predittivi, una condizione che nel paragrafo 3.3 è stata definita come silos di seconda generazione. Sotto il profilo della logica di pianificazione, il programma GLOBE di Nestlé si fonda su un'integrazione dei dati affiancata da una validazione umana ancora sostanzialmente periodica, mentre l'architettura Microsoft affida l'elaborazione dei segnali di domanda a modelli di machine learning operanti secondo un ciclo sostanzialmente continuo. Ne discende una differenza speculare quanto al ruolo del fattore umano nel processo decisionale:

- Centrale nella negoziazione tra funzioni aziendali nel caso Nestlé, progressivamente ridotto nella fase esecutiva;
- Spostato verso attività di supervisione e gestione delle eccezioni nel caso Microsoft.

Anche il ciclo temporale di pianificazione riflette questa distanza, per Nestlé le fonti consultate descrivono un ciclo periodico, a cadenza settimanale o mensile, mentre per Microsoft la fonte disponibile riporta una cifra precisa, con una riduzione da circa cinque giorni a meno di una giornata lavorativa. Un'asimmetria analoga si osserva nel miglioramento dell'accuratezza previsionale dichiarato dalle due organizzazioni; un incremento del 2% per Nestlé, a fronte di un aumento del 75% nella puntualità di pianificazione dichiarato da Microsoft, entrambi dati auto-riferiti dalle rispettive aziende.

Sotto il profilo dei prerequisiti organizzativi necessari, Nestlé ha fatto ampio ricorso a consulenza esterna e a un budget particolarmente elevato, stimato in circa

3 miliardi di franchi svizzeri, mentre Microsoft ha potuto contare su competenze ingegneristiche e infrastruttura cloud già disponibili internamente.

La lettura comparata di queste dimensioni conferma quanto argomentato in precedenza, i due casi non rappresentano due stadi di un medesimo percorso evolutivo lineare, quanto piuttosto due risposte, storicamente e organizzativamente situate, a due problemi di partenza in parte differenti. Il caso Nestlé dimostra come l'integrazione informativa tradizionale resti, ancora oggi, un prerequisito imprescindibile ovunque persistano silos organizzativi di prima generazione; il caso Microsoft dimostra come, una volta superata tale soglia, l'innesto di capacità predittive basate sull'intelligenza artificiale sia in grado di generare un salto qualitativo ulteriore, a condizione che l'organizzazione disponga delle competenze e delle risorse necessarie per sostenerne la maggiore complessità architettuale. Le differenze quantitative più marcate osservate a favore del paradigma AI-powered vanno lette come un'indicazione plausibile, non come una dimostrazione conclusiva della sua superiorità strutturale.

Sulla base di queste evidenze, è possibile formulare alcune indicazioni di sintesi circa le condizioni organizzative in cui ciascun paradigma risulta più funzionale, pur con la cautela dovuta alla ridotta numerosità campionaria qui considerata. Un'architettura SAP orientata prevalentemente all'integrazione dei processi, senza necessariamente ricorrere a componenti di intelligenza artificiale avanzata, appare più indicata per organizzazioni che presentino ancora un elevato grado di frammentazione informativa interna, risorse tecnologiche proprietarie limitate, e una struttura della domanda relativamente più stabile nel tempo, così da rendere il beneficio marginale di una previsione realmente predittiva meno determinante rispetto al beneficio, già sostanziale, generato dal semplice superamento dei silos informativi. Un'architettura SAP potenziata dall'intelligenza artificiale risulta invece più funzionale per organizzazioni che abbiano già conseguito un adeguato livello di integrazione informativa, dispongano di competenze tecnologiche interne sufficientemente mature, e operino in mercati caratterizzati da elevata volatilità della domanda o da cicli di vita del prodotto brevi, condizioni nelle quali

il valore marginale di una capacità predittiva avanzata risulta proporzionalmente più elevato.

Per rendere più concreto questo insieme di criteri, si consideri il caso ipotetico di un'impresa manifatturiera di medie dimensioni, operante in un settore maturo e caratterizzata da una struttura organizzativa ancora frammentata in unità di business scarsamente coordinate tra loro, priva di competenze interne di data science strutturate. Applicando la griglia di lettura sopra proposta, tale impresa si troverebbe presumibilmente più vicina alle condizioni di partenza di Nestlé che a quelle di Microsoft: il beneficio prioritario da perseguire risiederebbe nell'integrazione dei processi e nell'eliminazione dei silos informativi interni, mentre un investimento immediato in un'architettura AI-powered complessa rischierebbe di anticipare una capacità organizzativa non ancora matura per assorbirla, con il concreto pericolo di generare un progetto tecnologicamente sofisticato ma operativamente sotto-utilizzato.

Al contrario, un'impresa che disponesse già di un ERP consolidato, di competenze tecnologiche interne solide e operasse in un mercato a domanda altamente volatile (condizioni più vicine a quelle di Microsoft) trarrebbe verosimilmente un beneficio marginale più significativo da un investimento in capacità predittive avanzate, poiché il prerequisito dell'integrazione informativa risulterebbe già acquisito. Questo esempio, per quanto stilizzato, illustra come i fattori di contingenza individuati in questo paragrafo non vadano interpretati come categorie rigide o mutuamente esclusive, ma come coordinate utili a orientare la sequenza degli investimenti tecnologici di un'organizzazione lungo il proprio specifico percorso di maturità digitale.

Il valore del confronto qui condotto risiede pertanto non nella dimostrazione di una legge generale, quanto nell'identificazione di un insieme plausibile di fattori di contingenza (il momento storico dell'implementazione, la disponibilità di competenze interne, la natura del problema organizzativo di partenza) che una futura ricerca, condotta su campioni più ampi e con metodologie quantitative, potrebbe verificare con maggiore rigore..

Nel loro complesso, i due casi analizzati in questo capitolo restituiscono un quadro coerente con l'impianto teorico sviluppato nei primi due capitoli di questo elaborato.

L'integrazione dei sistemi informativi rappresenta una condizione necessaria ma non più, da sola, sufficiente per generare un vantaggio competitivo pienamente in linea con le esigenze di un mercato caratterizzato da crescente volatilità e velocità di cambiamento; l'intelligenza artificiale, innestata su un'infrastruttura ERP già matura, rappresenta la leva attraverso cui tale vantaggio può essere ulteriormente esteso, a condizione che l'organizzazione possieda i prerequisiti organizzativi e tecnologici necessari per sostenerla. Il capitolo si chiude pertanto non con la proclamazione di un paradigma vincente, ma con l'identificazione di un percorso evolutivo che le imprese contemporanee sono chiamate a percorrere in modo consapevole, calibrando l'investimento tecnologico sulle proprie condizioni di partenza specifiche piuttosto che inseguendo acriticamente la tecnologia più recente disponibile sul mercato. È a partire da questa sintesi che il paragrafo conclusivo di questo capitolo intende trarre le implicazioni più ampie per la gestione aziendale contemporanea, delineando i contorni del nuovo paradigma gestionale che emerge dall'incontro tra integrazione dei processi e visione strategica orientata al dato.

3.5. Conclusioni: il nuovo paradigma della gestione aziendale tra integrazione dei processi e visione strategica.

Il percorso di analisi svolto in questo capitolo, attraverso la ricostruzione del caso Nestlé, l'individuazione dei limiti strutturali della pianificazione fondata su serie storiche, l'esame del caso Microsoft e il confronto sistematico tra i due paradigmi, permette di trarre una conclusione che va oltre la semplice giustapposizione dei casi esaminati. Quanto emerso in queste pagine suggerisce che la gestione aziendale contemporanea, quantomeno nell'ambito della logistica e della supply chain, si stia strutturando attorno a due strati distinti ma cumulativi, e non alternativi tra loro:

- Da un lato la piena integrazione dei processi informativi;
- Dall'altro la costruzione di una capacità predittiva realmente strategica.

Comprendere la natura cumulativa, e non sostitutiva, di questi due strati costituisce, a parere di chi scrive, l'acquisizione più rilevante di questo intero capitolo.

Il primo strato, quello dell'integrazione dei processi, trova nel caso Nestlé una dimostrazione empirica difficilmente controvertibile. L'analisi condotta nel paragrafo 3.1 ha mostrato come il superamento dei silos informativi descritti nel paragrafo 1.2 non rappresenti un'affermazione teorica astratta, ma un problema organizzativo concreto, capace di generare inefficienze misurabili — dalla frammentazione dei processi previsionali alla duplicazione delle anagrafiche di prodotto — e come la sua risoluzione, per quanto complessa e non priva di attriti organizzativi, produca benefici economici sostanziali e duraturi. Un aspetto che questa ricerca ha permesso di mettere a fuoco con particolare chiarezza è che la narrazione divulgativa dedicata ai moderni sistemi ERP tende, spesso, a enfatizzare quasi esclusivamente le componenti più recenti e visibili dell'innovazione tecnologica (l'intelligenza artificiale, gli agenti autonomi, l'analisi predittiva) relegando in secondo piano il lavoro meno spettacolare, ma strutturalmente decisivo, di unificazione dei dati e dei processi. Il caso Nestlé, letto

oggi a distanza di oltre vent'anni dalla sua realizzazione, dimostra come questo lavoro di fondazione resti un prerequisito imprescindibile; nessuna capacità predittiva, per quanto sofisticata, può produrre valore reale se innestata su un patrimonio informativo ancora frammentato, duplicato o inaffidabile.

A ciò si aggiunge una seconda considerazione, che trova origine nell'analisi della complessità dell'adattamento organizzativo sviluppata nel paragrafo 2.4. La crisi attraversata dal progetto BEST nel 2000 non costituisce, a ben vedere, un mero incidente di percorso isolabile dalla componente tecnologica del progetto, ma un promemoria di come l'integrazione dei processi informativi comporti sempre, inevitabilmente, una ridefinizione degli equilibri consolidati all'interno dell'organizzazione. Il fatto che, come illustrato nel paragrafo 3.3, anche Microsoft abbia ritenuto necessario sviluppare un componente aggiuntivo per Excel al fine di facilitare l'adozione del nuovo sistema da parte dei pianificatori conferma come questa dimensione umana e organizzativa non venga meno neppure nei progetti tecnologicamente più avanzati, ma si trasferisca, semmai, a un livello di sofisticazione superiore nella progettazione del cambiamento.

Il secondo strato, quello della visione predittiva, emerge con altrettanta chiarezza dal caso Microsoft esaminato nel paragrafo 3.3. Ciò che questa analisi porta a ritenere, tuttavia, è che il salto qualitativo lì descritto non debba essere interpretato semplicemente come l'adozione, da parte di una singola azienda, di una tecnologia più avanzata, quanto piuttosto come la manifestazione concreta di una traiettoria evolutiva più ampia, già delineata in termini teorici nei capitoli precedenti di questo elaborato. Il percorso che conduce dal Management 3.0 al Management 4.0, discusso nel paragrafo 1.4, e il modello di maturità che accompagna un'organizzazione dalla carenza analitica fino allo stadio dei competitor analitici, illustrato nel paragrafo 2.3, trovano nel caso Microsoft un'istanza concreta e riconoscibile, un'azienda che, avendo già conseguito l'integrazione informativa, sposta il proprio investimento verso la costruzione di una capacità di anticipazione strategica, riducendo il ciclo decisionale da un esercizio periodico a un processo sostanzialmente continuo. Ciò che questa ricerca suggerisce, a questo proposito, è

che il vero discrimine tra un'organizzazione ancora orientata al passato e una realmente orientata al futuro non risieda tanto nella presenza o assenza di strumenti di intelligenza artificiale, quanto nella capacità dell'organizzazione di utilizzare il proprio patrimonio informativo per generare conoscenza anticipatoria anziché meramente descrittiva (una distinzione concettuale che attraversa l'intero impianto teorico di questo elaborato, dalla definizione di impresa data-driven fornita nel paragrafo 2.3 fino ai limiti dei modelli previsionali tradizionali discussi nel paragrafo 3.2).

Resta, naturalmente, un elemento di cautela interpretativa che questa ricerca ha cercato di non eludere lungo l'intero capitolo ovvero la capacità predittiva descritta nel caso Microsoft, per quanto amplifichi in modo significativo il potenziale informativo già presente nel sistema, non elimina la necessità di un giudizio critico nella lettura dei risultati conseguiti, né trasforma l'intelligenza artificiale in uno strumento infallibile o privo di rischi propri, quali l'overfitting sui dati storici o la possibile opacità dei modelli decisionali generati. Ciò che questa analisi suggerisce, in altre parole, è che il passaggio a una gestione realmente predittiva della supply chain rappresenti un'evoluzione feconda e ormai difficilmente rinviabile, ma non per questo esente dalla medesima disciplina critica che questo elaborato ha applicato, fin dal primo capitolo, alla valutazione di ogni strumento gestionale, tradizionale o innovativo che sia.

Alla luce di quanto argomentato, il nuovo paradigma della gestione aziendale che emerge da questo capitolo non si configura come una rottura netta rispetto al passato, quanto piuttosto come un affinamento progressivo e cumulativo di un medesimo percorso evolutivo, le cui tappe fondamentali sono state ricostruite lungo l'intero elaborato. Dalla nascita dei primi sistemi di gestione delle scorte negli anni Sessanta, illustrata in apertura del capitolo 1, fino agli odierni agenti cognitivi capaci di operare in autonomia all'interno dei processi decisionali aziendali, richiamati nel paragrafo 1.4. Il confronto tra Nestlé e Microsoft condotto in questo capitolo, se osservato in questa prospettiva più ampia, si configura quasi come l'istantanea di due momenti diversi di un medesimo cammino, più che come

l'opposizione tra due filosofie gestionali alternative. Ciò che questa ricerca porta a concludere è che la vera competenza gestionale richiesta alle organizzazioni contemporanee non consista nello scegliere se adottare o meno l'intelligenza artificiale, quanto piuttosto nel saper riconoscere, con lucidità, in quale punto di questo percorso evolutivo la propria organizzazione effettivamente si trovi, evitando tanto l'errore di inseguire acriticamente l'innovazione tecnologica più recente quanto quello, speculare, di sottovalutarne il potenziale una volta che le condizioni organizzative necessarie siano state effettivamente conseguite. È in questa capacità di lettura contestuale, prima ancora che in una specifica scelta tecnologica, che risiede il nuovo paradigma della gestione aziendale delineato in questo capitolo. Un paradigma che integra, senza contrapporre, l'esigenza storica di coordinamento e integrazione dei processi con la più recente esigenza strategica di visione predittiva e anticipazione del mercato.

Conclusione:

All'inizio di questo lavoro di tesi si era evidenziato come l'evoluzione delle tecnologie dell'informazione stesse imponendo un cambio di paradigma nelle imprese. Il passaggio indispensabile da una gestione meramente consuntiva e data-driven a un modello fortemente predittivo e strategico. A fronte di mercati caratterizzati da una crescente complessità e da una forte fluttuazione della domanda, ci si chiedeva in che misura i sistemi ERP (*Enterprise Resource Planning*) potessero non solo superare la frammentazione informatica aziendale, ma anche evolvere, grazie all'integrazione con l'Intelligenza Artificiale (AI), per sostenere l'area critica della Supply Chain e della logistica.

Alla luce dell'analisi svolta nei tre capitoli, è possibile fornire una risposta sistematica a tali premesse, tracciando il bilancio del percorso d'indagine.

Nell'introduzione si è posto l'accento sulla necessità storica di superare la frammentazione informatica. Il primo capitolo ha dimostrato come l'affermazione del modello SAP abbia rappresentato la prima reale risposta a questo problema. Sostituendo la miopia decisionale dei primi strumenti rigidi e statistici (come il Reorder Point degli anni 60), SAP ha consentito di abbattere i silos informativi e le asimmetrie interne, fornendo all'organizzazione quella visione integrata e unificata dei processi indispensabile per operare in contesti dinamici.

Focalizzando poi l'attenzione sull'area della logistica e della catena di fornitura, il secondo capitolo ha confermato come la reingegnerizzazione dei flussi operativi guidata da SAP permetta di ridurre inefficienze critiche quale il Bullwhip effect. Tuttavia, in risposta alle questioni organizzative introdotte in premessa, l'analisi ha messo in luce che l'adozione di un'architettura integrata non è una mera questione tecnica. La vera sfida risiede nella gestione della complessità organizzativa e umana. Senza un adeguato processo di adattamento culturale delle persone, i flussi informativi rischiano di non trasformarsi in reali leve decisionali.

In risposta al nucleo centrale dell'introduzione, ovvero la trasformazione verso un modello predittivo, il **terzo capitolo** ha testato e validato empiricamente questa ipotesi attraverso l'analisi dei casi aziendali:

- Il caso Nestlé ha confermato la validità dell'ERP tradizionale nell'ottimizzazione e standardizzazione dei processi transazionali su scala globale, mostrandone al contempo i limiti fisiologici quando la pianificazione resta ancorata a dati consuntivi e serie storiche.
- Il caso Microsoft ha invece dimostrato concretamente come l'innesto di algoritmi predittivi di Machine Learning e soluzioni AI consenta di compiere il salto di qualità prospettato; anticipare la domanda, stimare scenari complessi e trasformare la Supply Chain da reattiva a proattiva.

In conclusione, l'itinerario percorso conferma la tesi di fondo presentata nell'introduzione. L'adozione dell'Intelligenza Artificiale nei sistemi gestionali non costituisce una semplice accelerazione tecnologica o una moda passeggera, ma rappresenta un'evoluzione strutturale verso la maturità digitale dell'impresa contemporanea. È inoltre fondamentale constatare come l'Intelligenza Artificiale in questi settori non sia destinata a sostituire il capitale umano, bensì a supportarlo quotidianamente nel raggiungimento di obiettivi gestionali sempre più complessi ed in maniera più efficiente. È opportuno interpretare tale innovazione come una concreta opportunità di crescita, intesa in logica di complementarità e non di sostituzione rispetto al lavoro dell'uomo.

In ultima analisi, l'AI non annulla il valore delle piattaforme ERP come SAP, ma ne completa il potenziale. L'ERP tradizionale garantisce la solida base d'integrazione e qualità dei dati, mentre l'AI ne sblocca la capacità strategica e predittiva. Il futuro della gestione aziendale risiederà dunque nell'armonia tra questi due strati tecnologici, definendo il nuovo standard del Management 4.0.

Bibliografia:

- 1) **Balogun, J., & Johnson, G.** (2004). *Organizational restructuring and middle managers' sensemaking*. Academy of Management Journal, 47.
- 2) **Berman, K., & Knight, J.** (2013). *Financial Intelligence for Supply Chain Managers*. Boston: Harvard Business Review Press.
- 3) **Brettel, M., Friederichsen, N., Keller, M., & Rosenberg, M.** (2014). *How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective*. International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering, vol. 8, n. 1.
- 4) **Cascio, W. F., & Montealegre, R.** (2016). *How technology is changing work and organizations*. Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior, 3.
- 5) **Castronovo, V.** (2006). *Storia economica d'Italia. Dall'Ottocento ai giorni nostri*. Torino: Einaudi.
- 6) **Chopra, S., & Meindl, P.** (2016). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Boston: Pearson.
- 7) **Christopher, M.** (2016). *Logistics & Supply Chain Management*. London: Financial Times / Prentice Hall, 5th Edition.
- 8) **CSCMP.** (2023). *Supply Chain Management Terms and Glossary*. Lombard: Council of Supply Chain Management Professionals.
- 9) **DalleMule, L., & Davenport, T. H.** (2017). *What's Your Data Strategy?* Harvard Business Review, 95.
- 10) **Davenport, T. H.** (2000). *Mission Critical: Realizing the Promise of Enterprise Systems*. Boston: Harvard Business School Press.
- 11) **Davenport, T. H.** (2014). *Big Data at Work: Dispelling the Myths, Uncovering the Opportunities*. Boston: Harvard Business Review Press.

- 12) De Waal, A., Weaver, M., Day, T., & van der Heijden, B.** (2019). *Silo-Busting: Overcoming the Greatest Threat to Organizational Performance*. Sustainability, vol. 11, n. 23.
- 13) Feizabadi, J.** (2022). *Machine learning demand forecasting and supply chain performance*. International Journal of Logistics Research and Applications, vol. 25, n. 2.
- 14) Gartner Research.** (2023). *Forecast Analysis: Enterprise Resource Planning Systems Worldwide*. Stamford: Gartner Industry Reports.
- 15) Geissbauer, R., Vedso, J., & Schrauf, S.** (2016). *Industry 4.0: Building the digital enterprise*. PwC Strategy& LLC.
- 16) Grant, R. M.** (2021). *Contemporary Strategy Analysis* (10th ed.). Chichester: John Wiley & Sons.
- 17) Gronau, N.** (2021). *Enterprise Resource Planning: Architektur, Funktion und Management von ERP-Systemen*. München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- 18) Hammer, M., & Champy, J.** (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution*. New York: Harper Business.
- 19) IDC White Paper.** (2022). *The Data-Driven Advantage: How Data Maturity Drives Business Value*. Framingham: International Data Corporation.
- 20) Ivanov, D., & Dolgui, A.** (2020). *Viability of Intertwined Supply Networks: Extending the Supply Chain Resilience Angles towards Post-Pandemic World*. International Journal of Production Research, 58.
- 21) Kagermann, H., Wahlster, W., & Helbig, J.** (2013). *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Frankfurt: Acatech.
- 22) Killing, P. J.** (2003). *Nestlé's GLOBE Program (A): The early months*. Losanna: IMD, Case IMD-3-1334.

- 23) Kiron, D., Ferguson, R. B., & Prentice, P. K. (2013).** *From Value to Vision: Reaping the Benefits of Analytics*. MIT Sloan Management Review, 54.
- 24) Koch, T., & Windsperger, J. (2017).** *Seeing through the network: Competitive advantage in the digital economy*. Journal of Organization Design, vol. 6, n. 1.
- 25) Lambert, S. L., Calvasina, R., Bee, S., & Woodworth, D. (2016).** *Assembly FG: An Educational Case on MRP II Integrated within ERP*. Journal of Accounting Education.
- 26) Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2020).** *Management Information Systems: Managing the Digital Firm* (16^a ed.). Boston: Pearson.
- 27) Lawrence, P. R., & Lorsch, J. W. (1967).** *Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration*. Boston: Harvard Business School Press.
- 28) Lee, H. L., Padmanabhan, V., & Whang, S. (1997).** *Information Distortion in a Supply Chain: The Bullwhip Effect*. Management Science, 43.
- 29) Mabert, V. A. (2007).** *The evolution of enterprise resource planning systems*. Chronicles of E-Commerce.
- 30) Marler, J. H., & Boudreau, J. W. (2017).** *An Evidence-Based Review of HR Analytics*. The International Journal of Human Resource Management, 28.
- 31) McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2012).** *Big Data: The Management Revolution*. Harvard Business Review, 90(10).
- 32) McAfee, A., & Brynjolfsson, E. (2018).** *Machine, Platform, Crowd: Harnessing Our Digital Future*. New York: W. W. Norton & Company.
- 33) McKinsey & Company. (2021).** *The Data-Driven Enterprise of 2025*. McKinsey Digital Insights.

- 34) Mentzer, J. T., & Moon, M. A. (2005).** *Sales Forecasting Management: A Demand Management Approach*. Thousand Oaks: Sage Publications.
- 35) Mentzer, J. T., DeWitt, W., Keebler, J. S., Min, S., Nix, N. W., Smith, C. D., & Zacharia, Z. G. (2001).** *Defining Supply Chain Management*. Journal of Business Logistics, 22.
- 36) Mentzer, J. T., Foggin, J. H., & Golicic, S. L. (2000).** *Collaboration: The Supply Chain Management Enabler*. Industrial Marketing Management, 29.
- 37) Milne, R. J., Mahapatra, S.T., & Wang, C. T. (2015).** *Optimizing planned lead times for enhancing performance of MRP systems*. International Journal of Production Economics, vol. 165.
- 38) Min, X., David, J. M., & Kim, S. H. (2018).** *The Fourth Industrial Revolution: Opportunities and Challenges*. International Journal of Financial Research, vol. 9, n. 2.
- 39) Oreg, S. (2003).** *Resistance to change: Developing an individual differences measure*. Journal of Applied Psychology, 88.
- 40) Orlicky, J. (1975).** *Material Requirements Planning: The New Way of Life in Production and Inventory Management*. New York: McGraw-Hill.
- 41) Oswald, J., & Müller, B. (2018).** *Management 4.0: Handbuch für die digitale Transformation*. Berlin: Springer Gabler.
- 42) Pohrib, S. D., Goga, A. S., & Pîsla, A. (2025).** *Smart ERP Systems – From Data to Decisions*. Proceedings of the 19th International Conference on Business Excellence.
- 43) Provost, F., & Fawcett, T. (2013).** *Data Science for Business: What You Need to Know About Data Mining and Data-Analytic Thinking*. Sebastopol: O'Reilly Media.

- 44) SAP SE.** (2023). *SAP Integrated Business Planning for Supply Chain: Architecture and Operational Overview*. Walldorf: SAP Press.
- 45) Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Hompel, M., & Wahlster, W.** (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index: Managing the Digital Transformation of Companies (acatech STUDY)*. Munich: Herbert Utz Verlag.
- 46) Schwab, K.** (2017). *The Fourth Industrial Revolution*. New York: Crown Business.
- 47) Simon, H. A.** (1947). *Administrative Behavior: A Study of Decision-Making Processes in Administrative Organization*. New York: Macmillan.
- 48) Sutton, R. S., & Barto, A. G.** (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction* (2^a ed.). Cambridge: MIT Press.
- 49) Tempelmeier, H.** (2006). *Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software, and Case Studies*. Berlin: Springer.
- 50) Vollmann, T. E., Berry, W. L., Whybark, D. C., & Jacobs, F. R.** (2005). *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management*. New York: McGraw-Hill/Irwin.
- 51) Zheng, P., et al.** (2018). *Smart manufacturing systems for Industry 4.0: Conceptual framework, scenarios, and future perspectives*. *Frontiers of Mechanical Engineering*.

Sitografia:

- 1) 1C-ERP Italia.** (2026). *Che cos'è un software ERP: definizione e caratteristiche.* In 1c-erp.it. Disponibile all'indirizzo: 1c-erp.it
- 2) Brownson, J., & Mitchell-Keller, L.** (s.d.). *Nestlé USA – Integrated CRM and SCM: Optimize Enterprise Effectiveness.* Case study presentato alla conferenza DCI CRM.
- 3) Manuel, I.** (2025). *Nestle: A Case of Enterprise Architecture Excellence in SAP Adoption.* SAP Enterprise Architecture (EA) Course. In isaacmanuel.org.
- 4) Nestlé S.A.** (s.d.). *Nestlé increases speed and consumer focus with landmark digital core upgrade that enables AI and automation at scale.* Comunicato stampa ufficiale. In nestle.com.
- 5) SAP Community.** (2021). *SAP Digital Supply Chain on Azure – Combining strengths to expand innovations for our joint customers.* In community.sap.com.
- 6) SAP Labs France.** (2015). *SAP Labs France helps Nestlé Run Simpler on HANA!* In blogs.sap.com (pubblicato il 13 luglio 2015).
- 7) SAP SE.** (s.d.). *Microsoft: Mitigating supply chain risk with the predictive power of Big Data and machine learning.* Customer success story. In sap.com.
- 8) Worthen, B.** (2002). *Nestlé's ERP Odyssey.* In CIO Magazine (pubblicato il 15 maggio 2002).