

INDICE

Prefazione	4
Per una lettura efficace e consapevole del documento.....	6
Introduzione generale.....	9
CAPITOLO 1	
OLTRE LO STANDARD	
La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica.....	11
CAPITOLO 2	
DATA ACT: A chi appartengono i dati?.....	45
CAPITOLO 3	
Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione.	
Regolamentazione, Competizione, Scenari Globali per gli OEM Europei.....	63
CAPITOLO 4	
Una <i>innovisione</i> per l'Europa.	
Più infrastrutture, ricerca e innovazione, non solo norme per regolare innovazioni altrui	85
FONTI E RIFERIMENTI	95
BIOGRAFIE AUTORI	98

➔ PREFAZIONE

Negli ultimi anni, il dibattito europeo su tecnologia, dati e intelligenza artificiale si è progressivamente spostato dalla dimensione dell'innovazione a quella della regolamentazione. È un passaggio comprensibile, in parte necessario, ma non privo di conseguenze. Mai come oggi l'Europa ha prodotto norme sofisticate, articolate e ambiziose, e mai come oggi si percepisce una crescente distanza tra ciò che viene regolato e ciò che effettivamente accade nei sistemi industriali reali.

Questo documento nasce da una constatazione semplice, ma scomoda: il problema che stiamo vivendo non è normativo, è semantico. Le tecnologie industriali (automazione avanzata, sistemi data-driven, AI, edge e cloud) stanno evolvendo più rapidamente del linguaggio concettuale con cui proviamo a descriverle, governarle e renderle affidabili.

Gli standard storici dell'automazione hanno fornito per decenni una grammatica solida; oggi, tuttavia, quella grammatica mostra crepe sempre più evidenti quando viene applicata a sistemi distribuiti, adattivi, probabilistici. Parallelamente, la regolamentazione europea (Data Act, AI Act, NIS2, Cyber Resilience Act) tenta di colmare un vuoto di fiducia crescente tra attori industriali, filiere e mercati. Ma la fiducia non nasce da un obbligo. Nasce dalla comprensione reciproca, dalla condivisione di significati, dalla capacità di interpretare correttamente ciò che i sistemi fanno e perché lo fanno.

Questo testo non è un documento contro le regole, né contro gli standard. Al contrario, vuole riconoscere pienamente il valore storico e tecnico degli standard industriali e la necessità di un quadro normativo solido. Ma mette in discussione un assunto implicito che oggi appare sempre meno valido, ovvero che sia possibile governare sistemi complessi senza ripensare il linguaggio con cui li descriviamo. Attraverso l'analisi critica degli standard ISA, l'esame dei conflitti reali emersi attorno al Data Act, l'osservazione dei modelli di cybersecurity industriale e l'esperienza concreta di iniziative propone una tesi unitaria: "senza una grammatica¹ condivisa della fabbrica digitale, ogni regolamentazione."

L'obiettivo non è offrire soluzioni definitive, ma costruire consapevolezza. Comprendere perché oggi molti problemi industriali non sono tecnici, ma interpretativi. Perché la fiducia non si impone per legge e perché dati, sicurezza, AI e architetture non possono più essere pensati come domini separati. Questo documento vuole essere un invito a ripensare il modo in cui l'industria europea parla di sé stessa, prima ancora di definire come intende regolarsi, proteggersi e innovare.

1 "Per "grammatica industriale" si intende l'insieme di categorie concettuali, modelli logici e strutture interpretative attraverso cui la fabbrica viene descritta, progettata, certificata e governata." Non si tratta solo di standard tecnici, ma di un linguaggio condiviso che definisce cosa è un processo, cosa è un dato, cosa è una responsabilità e cosa è un rischio.



**PER UNA LETTURA
EFFICACE E
CONSAPEVOLE DEL
DOCUMENTO**

Questo documento non è pensato per essere letto in modo uniforme da tutti. È strutturato per offrire diversi livelli di profondità, in funzione del ruolo e delle responsabilità del lettore.

Per CEO, Board, Amministratori Delegati

Introduzione

Capitolo sulla visione europea e sul rapporto tra regolamentazione e competitività

Focus: implicazioni strategiche, rischio di irrilevanza, scelte di lungo periodo.

Per COO, Direttori Industriali

Capitoli su standard ISA, evoluzione della fabbrica, supervisione e sicurezza

Sezioni su Data Act e filiera

Focus: impatti operativi, organizzativi e di governance.

Per CTO, Responsabili Innovazione, Digital & AI

Capitoli sulla "grammatica industriale"

Analisi di ISA-88, ISA-95, ISA-112

Sezioni su AI, dati, architetture distribuite

Focus: limiti dei modelli attuali, necessità di nuove architetture concettuali.

Per CIO, CISO, Responsabili Cybersecurity

Capitoli su IEC 62443, cybersecurity industriale, casi FEFCO

Raccordo con NIS2 e CRA

Focus: sicurezza come proprietà emergente, non come perimetro.

Per responsabili di prodotto, R&D, progettisti

Parti su dati, standard

Sezioni su interoperabilità e casi d'uso

Focus: progettare macchine e sistemi "data-ready" e interpretabili.

Il documento può essere letto in sequenza oppure per capitoli tematici. La sua ambizione non è fornire risposte immediate, ma offrire una chiave di lettura per decisioni più consapevoli.

INTRODUZIONE GENERALE

L'industria è immersa in una fase trasformativa in cui la tecnologia avanza più velocemente dei processi che la devono regolare. Ed è in questa fase di grande incertezza che la capacità di orientarsi diventa un fattore competitivo determinante. Proprio per questo, l'indicazione è che norme, regolamenti e standard non devono rappresentare solo vincoli, ma vanno concepiti nella veste di ausili alla creazione di fiducia. Infatti, ciò che essi affrontano riguarda principalmente la sicurezza, l'interoperabilità e l'integrità dei sistemi industriali.

Alla luce di queste considerazioni i principali argomenti trattati nei prossimi capitoli riguarderanno:

- aggiornamento dei framework ISA-88, ISA-95, ISA-99 / IEC 62443, ISA-112, architetture d'automazione, cybersecurity industriale, SCADA moderni, orchestrazione e controllo
- Regolamentazione vs Innovazione, cioè quando le norme rallentano e quando abilitano
- come la regolamentazione può aiutare a creare mercati più stabili e competitivi
- la convergenza OT/IT e la sicurezza, interoperabilità e certificabilità di sistemi complessi, la fiducia in contesti dove AI, automazione e digitalizzazione perdono di trasparenza.

In particolare, diventa fondamentale comprendere come sistemi adattivi, basati su AI e aggiornabili nel tempo, possano essere progettati per rimanere certificabili anche quando evolvono. La fabbrica digitale non è più un sistema statico da verificare una volta sola, ma un 'organismo' che cambia mentre opera. Questo introduce una nuova sfida: la conformità.

OLTRE LO STANDARD

**La fabbrica che
evolve più
velocemente della
sua grammatica**

Autori: F. Milan

➔ INTRODUZIONE

In un'industria che evolve più velocemente degli strumenti concettuali pensati per descriverla, gli standard ISA mostrano tutta la loro distanza dal presente. La fabbrica non è più un sistema stabile, gerarchico e deterministico, ma un ecosistema distribuito, probabilistico e governato da dati, AI, edge e cloud.

Questo saggio mette a nudo la frattura tra la grammatica industriale nata negli anni Novanta e la complessità viva dell'automazione contemporanea. Analizzando ISA-88, ISA-95, IEC 62443 e ISA-112, mostra dove funzionano, dove si incrinano e perché non bastano più. Non serve aggiornare le regole: serve ripensare il linguaggio. Serve una nuova grammatica della fabbrica.

➔ QUANDO LA FABBRICA PERDE LA SUA GRAMMATICA

Ogni epoca industriale ci ha insegnato che la tecnologia cambia, oggi cambia così in fretta da superare il linguaggio con cui abbiamo cercato di descriverla. È un momento particolare, quasi impercettibile, ma è evidente. Se lo osserviamo a mente fredda, ci accorgiamo che è il momento in cui il sistema non riconosce più sé stesso.

L'automazione industriale, oggi, si trova esattamente in questo stato. A un passo da una trasformazione profonda, ma ancora prigioniera delle parole e delle strutture concettuali che hanno costruito i suoi ultimi trent'anni di storia. Per comprendere la portata di questo cambiamento, è utile richiamare il valore di quello che potremmo chiamare "grammatica industriale".

Ogni disciplina tecnica usa una grammatica: un insieme di concetti, regole, tassonomie, modelli, gerarchie con cui organizza il suo mondo. Una grammatica non è solo un linguaggio, è una forma di pensiero. Quando cambia la grammatica, cambia anche ciò che possiamo vedere, interpretare, progettare. Gli standard come ISA 88, 95, 99/IEC 62443, 112, sono la grammatica della fabbrica, lo sono da oltre tre decenni. Hanno

costruito l'immaginario operativo dell'automazione, la sua modularità dei processi, la gerarchia dei livelli, la segmentazione della sicurezza, la centralità della supervisione. Hanno dato nomi, forme e struttura a un mondo che ne aveva bisogno. Sono stati la sintassi invisibile dell'industria contemporanea, ma la fabbrica del ventunesimo secolo non è più quella per cui questa grammatica è nata.

La digitalizzazione ha dissolto i confini che gli standard davano per scontati. La produzione non è più stabile, essa cambia in base ai dati, agli analytics, agli algoritmi predittivi. La gerarchia dei livelli non è più verticale, ma è diventata un grafo distribuito. La sicurezza non è più un perimetro da difendere, è un continuo da governare. La supervisione non è più un centro di controllo, è un insieme di funzioni disperse tra edge, cloud e dispositivi embedded. La fabbrica non è più un sistema, oggi è un ecosistema.

Questa differenza semantica, in apparenza piccola, cambia tutto. Un sistema è pensabile, descrivibile, standardizzabile. Un ecosistema, invece, vive di relazioni, dipendenze, adattamenti, emergenze. Un ecosistema più che controllare va governato, guidato e interpretato. La grammatica industriale del passato era costruita per il sistema. La fabbrica del presente chiede una grammatica per l'ecosistema.

Questa frattura tra linguaggio e realtà produce un fenomeno culturale curioso, e oggi molti problemi industriali non sono tecnici, ma semantici. Non derivano dalla complessità della tecnologia, ma dall'inadeguatezza delle categorie con cui cerchiamo di comprenderla. Di fronte a un modello come l'AI che modifica parametri di processo in tempo reale, parliamo ancora di ricette statiche. Di fronte a un'infrastruttura edge che controlla l'impianto autonomamente, parliamo ancora di livelli. Di fronte a container OT che durano ore, parliamo ancora di zone. Di fronte a pipeline di streaming distribuite, parliamo ancora di SCADA. È come descrivere un drone con il linguaggio dei motori a vapore, certo tecnicamente possibile, ma culturalmente insensato. Questo scarto semantico non è "cercar il pelo nell'uovo", è un problema concreto. Una fabbrica che non ha più parole adatte a descriversi non può nemmeno progettare sé stessa.

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

Rimane imbrigliata in procedure che non corrispondono più alla realtà, in ruoli che non rappresentano più nessuno, in strutture documentali che non catturano la natura fluida delle architetture moderne.

Un progettista oggi si trova spesso a dover “forzare” ISA-88 per descrivere processi non lineari, a “interpretare creativamente” ISA-95 per giustificare sistemi edge intelligenti, a “spiegare ai revisori” perché la segmentazione classica di 62443 non può proteggere container che nascono e muoiono in poche ore. Queste forzature non sono errori: sono sintomi di una grammatica non più adatta ai nuovi tempi. Si potrebbe obiettare che gli standard evolvono, vengono aggiornati, adattati. Vero, ma la velocità con cui evolve la fabbrica non è più compatibile con i tempi della normazione.

Un ciclo industriale software può cambiare nel giro di settimane, mentre un aggiornamento formale di uno standard può richiedere anni. Quello che sta accadendo non è che gli standard siano sbagliati, è che sono stati progettati per un mondo diverso. Sono adeguati ai sistemi stabili, non agli ecosistemi che apprendono. Funzionano quando la complessità è addomesticata, non quando è generativa. Sono perfetti quando i processi sono deterministici, molto meno quando sono probabilistici e adattivi. Comprendere gli standard ISA, sicuramente fondamentali, è utile per capire con cognizione di causa dove funzionano ancora, dove funzionano a metà e dove, pur essendo concettualmente eleganti, non riescono più a rappresentare il mondo che dovrebbero descrivere.

➔ ISA-88: MODULARITÀ VS UN MONDO NON PIÙ MODULARE

ISA-88 è uno standard che va ricordato non solo per ciò che ha fatto, ma per ciò che ha reso possibile. Negli anni '90, quando la produzione batch era ancora un universo composito di logiche proprietarie, ricette scritte a mano e sistemi incapaci di dialogare, ISA-88 portò ordine. Portò una visione e l'idea concettuale, e nuova, che la produzione non deve essere descritta come un insieme di comandi, ma come una struttura

logica indipendente dalla sua implementazione fisica. Questa intuizione è stata rivoluzionaria, forse la più rivoluzionaria per l'automazione.

→ LA NASCITA DI ISA-88 COME GESTO CULTURALE

Per comprendere ISA-88, bisogna ricordare che cosa fosse un impianto batch prima del suo arrivo. Ricette scritte per uno specifico impianto, logiche difficili da riutilizzare, modifiche dolorose ogni volta che cambiava una pompa, un miscelatore o un sensore. Il processo era "incastrato" nel dispositivo, quasi che la macchina e la ricetta fossero un'unica entità. Quello che ISA-88 ha fatto si può riassumere in:

- la ricetta diventa un concetto
- l'impianto è l'interprete.

Questa distinzione, apparentemente semplice, introdusse una modularità fino ad allora mai formalizzata. Equipment Module, Unit, Control Module sono una tassonomia nuova e assomigliano alla logica degli oggetti software, anni prima che la programmazione industriale si evolvesse in quella direzione. ISA-88 più che uno standard è una filosofia progettuale.

→ QUANDO ISA-88 ERA PERFETTA

ISA-88 era perfetta in un mondo in cui i processi erano relativamente ripetitivi, stabili, prevedibili. Un impianto di processo del 2000, per esempio, era un luogo ideale per ISA-88. Immaginiamo una linea di produzione:

- prelievo materie prime
- miscelazione controllata
- riscaldamento a temperatura definita
- filtrazioni sequenziali
- riempimento.

Ogni fase aveva parametri noti, esecuzioni ripetute migliaia di volte, margini di variabilità bassi.

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

In questo mondo, ISA-88 permetteva di scrivere ricette riutilizzabili, automatizzare le variazioni, duplicare moduli, garantire coerenza tra impianti. Era ingegneria in un mondo deterministico.

Il punto di rottura

ISA-88 presuppone processi in cui la sequenza è definita. Oggi l'industria vive in un regime diverso, ha elevata variabilità, necessità di riconfigurazioni continue e decisioni dinamiche. Qui comincia il problema perché la modularità, che nasce come concetto statico, collide con una realtà dinamica. Proviamo a capirlo con degli esempi:

- **Produzione a lotti da 1. La modularità tradizionale non è più sufficiente**

Immaginiamo una azienda che produce più di 8.000 varianti l'anno. Molte di queste sono personalizzazioni minime, esempio: viscosità leggermente diverse, colori o micro-varianti dovute alla stagionalità. Un modello AI genera automaticamente micro-modifiche alla ricetta. Queste modifiche non possono essere codificate manualmente dentro ISA-88. Non c'è tempo, non c'è struttura, manca la convenienza. Il problema: ISA-88 presuppone ricette statiche, ma il mercato produce ricette dinamiche.

- **Manutenzione predittiva che modifica la ricetta in tempo reale**

Un sistema di manutenzione predittiva potrebbe calcolare che l'usura di una pala di miscelazione può provocare un comportamento anomalo. La soluzione AI suggerisce di ridurre la velocità di rotazione e modificare la durata della fase, ma ISA-88 non prevede che una ricetta cambi comportamento mentre è in esecuzione. La ricetta è un oggetto "chiuso", definito a monte, non negoziabile durante la sua esecuzione. Con AI, invece, la ricetta diventa una "conversazione" ovvero una sequenza dinamica.

- **Orchestrizzazione event-driven**

Oggi, si trovano processi industriali che non sono determinati da fasi sequenziali, ma da eventi:

- l'arrivo di un materiale
- un dato analitico di qualità in linea
- una condizione predittiva

- un allarme esterno
- la disponibilità di un equipment module condiviso.

ISA-88 può simulare questo comportamento, ma non è nativamente orientata agli eventi. ISA-88 è pensata per la sequenza, non per l'evento.

- **Processi “semi-batch” e “batch continui”**

I processi moderni, sempre più spesso, non sono né batch puri né continui, ma ibridi, semi-batch alimentati continuamente. Ad esempio: reattori con carichi intermittenti, miscelatori con parametri modulati in tempo reale. ISA-88 non contempla queste forme intermedie, che oggi rappresentano processi che apportano valore.

➔ LA RADICE DEL PROBLEMA

ISA-88 nasce per descrivere un mondo deterministico dove:

- la sequenza è nota
- gli equipment module sono stabili
- la variabilità è controllata
- l'intelligenza è umana, non algoritmica
- la granularità del processo è definita a priori.

Oggi le carte sono cambiate e troviamo:

- equipment module che possono cambiare disponibilità in tempo reale
- la variabilità è parte del processo
- il modello predittivo interviene nel controllo
- l'intelligenza è distribuita, non centralizzata
- la ricetta è un oggetto dinamico.

Il contrasto è evidente. ISA-88 funziona ancora bene per i processi stabili, ma appena la complessità aumenta, inizia a “scricchiolare”. Non possiamo più ignorare il limite perché l'industria sta vivendo una convergenza tra:

- logica batch

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

- modelli AI
- digital twin
- orchestrazione cloud-edge
- sistemi event-driven
- normative di sicurezza digitale.

La ricetta non è più solo un insieme di fasi, ma è un algoritmo. L'impianto non è più solo un interprete, oggi è un agente. Il sistema di controllo non è più solo operativo, ma è anche predittivo. ISA-88 contiene troppe rigidità per rappresentare le dinamiche moderne.

➔ COME DOVREBBE EVOLVERE ISA-88

Non si tratta di riscrivere lo standard, ma di superare i lati critici.

Una ISA-88 moderna dovrebbe:

- descrivere ricette generative, non solo definire ricette statiche
- accettare logiche probabilistiche
- integrare modelli AI nativamente
- rappresentare la variabilità come parte del processo
- permettere orchestrazioni dinamiche guidate dagli eventi
- accogliere la distinzione tra logica definita e logica appresa
- incorporare concetti di runtime adattivo
- connettersi naturalmente a digital twin e simulazioni continue.

In sostanza se ISA-88 ha insegnato la modularità, oggi serve componibilità "evolutiva", ovvero moduli che nascono, si trasformano, si riaggregano continuamente. ISA-88 non è sbagliata. È solo insufficiente per il mondo che abbiamo davanti.

➔ ISA-95: LA PIRAMIDE CHE HA ORDINATO TUTTO

ISA-95, probabilmente, è lo standard più influente dell'automazione industriale. È il modello che ha plasmato la fabbrica attraverso una piramide ordinata, una sequenza di livelli gerarchici perfettamente incastrati tra loro. Ancora oggi osserviamo gli impianti

attraverso la lente dei suoi cinque livelli, convinti che quella struttura sia naturale, quasi inevitabile.

ISA-95 ha portato chiarezza, ordine, disciplina. Ha trasformato un mondo frammentato in un diagramma leggibile. Ma, oggi, la fabbrica si trasforma in un ecosistema distribuito, il modello piramidale appare troppo statico, poco adatto a reggere l'imprevisto, la variabilità, la velocità e l'intelligenza diffusa che caratterizzano i sistemi moderni. La piramide non cessa di esistere, ma semplicemente non rappresenta più ciò che abbiamo davanti. Proviamo così a ripercorrere i passaggi di ISA-95, i motivi del suo successo e scoprire i suoi limiti.

➔ ISA-95: L'ORDINE COME NECESSITÀ

Alla fine degli anni '90 la fabbrica era un mondo diviso tra l'IT e l'OT. Gli ERP parlavano un linguaggio da ufficio, mentre i PLC un linguaggio da campo. Il MES, quando esisteva, era una costellazione di soluzioni proprietarie, spesso scritte ad hoc per singoli impianti. ISA-95 risolse un problema culturale non solo tecnologico, permise di creare un ponte stabile tra la gestione e l'operazione, tra il planning e il making. La sua struttura a livelli non era solo tecnica, era anche narrativa:

- Livelli 0-1: il mondo fisico
- Livello 2: la supervisione (SCADA, HMI)
- Livello 3: l'esecuzione operativa (MES)
- Livello 4: la pianificazione (ERP)

Una gerarchia chiara, leggibile, intuitiva. Un modello che piaceva ai manager tanto quanto ai tecnici. La sua vera forza era la simmetria concettuale: ogni livello aveva un ruolo, ogni ruolo aveva un confine. La fabbrica diventava un organismo suddiviso in piani e questo funzionava bene.

Esempio storico: la piramide perfetta

Una linea di produzione (es. di montaggio) è la scena ideale per ISA-95.

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

Il MES coordinava le operazioni, invocando ricette, verificando materiali, gestendo manuali tecnici e tracciabilità mentre i sistemi SCADA supervisionano la linea e i PLC eseguono cicli deterministici. L'ERP produceva ordini di produzione secondo un ritmo ben definito.

Tutto è verticale, tutto è ordinato. Il flusso informativo è bidirezionale e disciplinato. ISA-95 è la fotografia fedele di questo esempio.

Perché ISA-95 ha avuto successo

Lo standard ISA-95 non è diventato famoso solo per la piramide che tutti conosciamo, ma ha avuto il meritato successo per due ragioni fondamentali:

- **Ha standardizzato le informazioni**

La struttura informativa (ad esempio: Products, Resources, Operations, Capabilities) ha permesso di definire un dizionario universale della fabbrica. Chi sviluppa, utilizza o governa soluzioni digitali come MES, ERP o SCADA può parlare la stessa lingua. Definisce un linguaggio che rende possibile l'interoperabilità tra sistemi eterogenei.

- **Ha dato un ruolo "identitario" al MES**

Prima di ISA-95, il MES era un ibrido non ben definito. Dopo ISA-95, il MES è diventato "il livello 3", con compiti chiari:

- programmazione operativa
- gestione del WIP
- tracciabilità
- esecuzione delle ricette
- gestione risorse e materiali.

ISA-95 non ha creato solo uno standard, ha creato un ruolo organizzativo. Quando un ruolo acquista identità, acquisisce anche visibilità e quindi crea cultura.

➔ DOVE ISA-95 OGGI ENTRA IN CRISI

La fabbrica moderna non vive più nella sola verticalità. Si espande anche in orizzontale.

La logica non scorre più come un flusso su/giù tra reparti e sistemi, ma si distribuisce su nodi intelligenti, ecco che oggi troviamo: edge, cloud, microservizi, agenti AI, modelli predittivi, digital twin. In questo nuovo paesaggio ISA-95 si trova improvvisamente fuori scala, non capace di rappresentare l'attuale livello a più dimensioni.

- **La piramide oggi è diventata un grafo**

ISA-95 concepisce la fabbrica come una struttura piramidale, ma la fabbrica oggi si comporta come una rete:

- un modello AI in cloud può aggiornare setpoint direttamente ai PLC (salta L3)
- un edge device può bloccare una linea senza consultare il MES
- un digital twin può generare istruzioni operative senza passare da SCADA
- un servizio API esterno può intervenire sull'esecuzione di una ricetta.

Non c'è più un "livello centrale" che media tutti gli altri. Ci sono molti centri, molti flussi, molti agenti. ISA-95 è un modello verticale, la fabbrica moderna è un sistema distribuito.

- **Il MES non può più essere un "livello"**

Il MES nasceva come il cuore del livello 3. Ma oggi:

- la pianificazione operativa può essere fatta in cloud
- l'esecuzione può essere orchestrata da servizi edge
- la qualità può essere governata da modelli di visione AI
- la tracciabilità può essere integrata nativamente nei dispositivi.

Il MES è diventato un servizio, non un livello. L'idea di MES monolitico contrasta con l'architettura moderna.

- **La logica edge rompe la gerarchia**

Un esempio concreto è un sistema edge industriale che riceve 40.000 dati al secondo da sensori IoT, li elabora localmente tramite modelli ML, determina che una vibrazione predice un guasto imminente e, autonomamente, invia un comando al PLC per ridurre la velocità. Secondo ISA-95:

- l'edge non esiste
- il MES dovrebbe coordinare

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

- il PLC esegue istruzioni
- l'ERP non è coinvolto.

• **Mentre la realtà ci mostra che:**

- il modello edge ha deciso
- il MES non è stato nemmeno avvisato
- la gerarchia è saltata.

Il modello non corrisponde più al comportamento del mondo reale.

• **I Digital twin non appartengono a nessun livello**

Un digital twin può essere visto o, meglio, definito come:

- simulare
- validare
- orchestrare
- generare ricette
- confrontare dati reali e simulati
- chiudere il ciclo di controllo con parametri dinamici,

In ISA-95, un digital twin non ha collocazione. Non è un MES, non è un ERP, non è uno SCADA, è un concetto estraneo alla piramide. Questo ci fornisce un altro elemento per la piramide, un'astrazione non più sufficiente della realtà.

• **Le architetture API-first distruggono i confini dei livelli**

ISA-95 descrive un mondo di sistemi integrati tramite scambi strutturati (su livelli). Il mondo moderno vive di API, microservizi, chiamate asincrone. Un ordine di produzione può così essere generato da:

- un sistema ERP
- un modello predittivo
- un servizio esterno via API
- un modulo software ad hoc
- un sistema di ottimizzazione basato su ML.

Il confine che separava L4 da L3 non esiste più, almeno non più in modo netto.

Immaginiamo un impianto moderno, che potremmo riassumere come:

- ogni macchina ha il suo agente AI
- i modelli vengono addestrati in cloud
- l'orchestrazione dei flussi è dinamica
- lo scheduling è in tempo reale
- i parametri cambiano costantemente
- la visibilità è distribuita su microservizi
- la supervisione avviene in parte su mobile, in parte su cloud, in parte in edge.

Proviamo ad applicare ISA-95 in un caso attuale. Le domande che ci dobbiamo porre diventano: dove mettiamo

- gli agenti AI?
- l'orchestrazione cloud?
- l'edge decisionale?
- la telemetria streaming?
- i container OT?
- i servizi serverless?

La risposta è semplice: nella definizione non c'è posto. La piramide non è sbagliata, è solo che non ha sufficienti dimensioni per rappresentare le nuove necessità. È un modello geometrico che non può più contenere una realtà che ha cambiato forma.

Possiamo dire che il limite concettuale di ISA-95 è che confonde ordine con struttura. ISA-95 è riuscito a mettere ordine in un mondo caotico, ma ha trasformato quell'ordine in una struttura permanente. Il mondo moderno, invece, necessita di un "ordine" connesso, che emerge con le necessità e si asseconda con le tecnologie. L'ordine imposto diventa stretto. L'informazione non segue più una direzione obbligata, le decisioni non hanno più un unico centro così come la responsabilità non è più gerarchica, ma distribuita. La piramide è perfetta per pensare fabbriche centralizzate e legacy, oggi l'industria è come una costellazione.

➡ COSA SERVIREBBE OGGI

Per rappresentare la fabbrica odierna non basta aumentare i livelli, bisogna cambiare topologia. Per questo serve un nuovo paradigma che dovrebbe:

- non descrivere livelli, ma funzioni
- non definire gerarchie, ma relazioni
- non imporre ordini, ma interazioni
- non prevedere esecuzioni centralizzate, ma agenti cooperativi
- non identificare un unico centro, ma molti centri dinamici
- non distinguere tra IT e OT, ma integrarli in un unico spazio semantico.

ISA-95 ha dato identità alla fabbrica gerarchica, ora serve dare identità alla fabbrica distribuita.

➡ ISA-99 / IEC 62443: DIFENDERE UN CASTELLO IN UN MONDO PRIVO DI MURA

L'automazione industriale ha vissuto uno shock culturale quando ha iniziato a parlare di security. Per anni l'industria ha vissuto con l'illusione di essere isolata, protetta da reti chiuse, protocolli proprietari, infrastrutture apparentemente impenetrabili. Era una sicurezza implicita, più percepita che progettata. E come tutte le illusioni è crollata all'improvviso.

Troviamo ISA-99, poi evoluto nella serie IEC 62443, che nasceva esattamente per questo: mettere ordine in un dominio che non aveva mai preso sul serio la natura digitale dei propri rischi. Ha introdotto concetti che oggi consideriamo banali, segmentazione, zone, conduits, livelli di sicurezza, ma che rappresentano una discontinuità radicale. Come accade per ISA-88 e ISA-95, anche 62443 è vittima del tempo.

Nato in un mondo molto diverso da quello in cui oggi opera, per quanto sia uno degli standard più robusti di tutto il panorama industriale, oggi comincia a mostrare limiti strutturali che non derivano da difetti concettuali, ma dal semplice fatto che la fabbrica è mutata più velocemente del modello di sicurezza concepito per proteggerla.

Ripercorriamo così l'origine e il valore di 62443, analizziamo alcuni casi in cui funziona ancora, e dove mostra punti in cui non è più sufficiente per descrivere la sicurezza della fabbrica contemporanea.

Per comprendere davvero la portata di ISA-99 bisogna ricordare come era l'OT prima della sua comparsa. Le reti industriali erano:

- statiche
- isolate
- poco documentate
- non aggiornate
- composte da dispositivi spesso vecchi anche di 10–15 anni.

La security era un optional o, meglio, non rientrava nel progetto, negli obiettivi. Gli aggiornamenti firmware erano un evento raro. I protocolli erano proprietari (e quindi erroneamente percepiti come "sicuri"). Poi, un giorno arrivò il trauma culturale, l'evento che fece aprire gli occhi: Stuxnet, 2010.

L'industria scoprì all'improvviso che un malware poteva manipolare un PLC con lo stesso effetto di un errore umano, solo più veloce, più preciso e invisibile. ISA-99 rappresentò la risposta più sistemica a quella minaccia. La sua logica fu semplice e potente:

- non tutto deve essere collegato a tutto
- non tutte le funzioni hanno lo stesso rischio
- la sicurezza non è un attributo del dispositivo, ma del sistema
- il sistema deve essere segmentato in zone
- le zone devono essere collegate da conduits controllati
- ogni zona deve avere un livello di sicurezza adeguato al rischio.

Era una visione moderna, coerente e forse visionaria per l'"epoca".

➔ **PERCHÉ IEC 62443 HA FUNZIONATO COSÌ BENE**

62443, quando venne scritto, ha riscattato l'industria da un analfabetismo diffuso sulla security. Ha introdotto concetti fondamentali:

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

- Defense in depth: non esiste una difesa unica, ma un sistema di difese a strati
- SL (Security Level): misura concreta del rischio
- Zone & conduits: una mappa logica del processo, non della rete
- Lifecycle approach: il ciclo di vita della sicurezza diventa parte della progettazione.

In sostanza, il suo pregio e merito è stato di portare ordine in impianti che vivevano nel caos, dove l'unico criterio di sicurezza era "sperare che nulla succeda". Vale la pena di costruire un esempio "storico" e immaginare un impianto idrico nel 2008:

- un unico server SCADA
- una rete piatta
- strumenti HART o 4–20 mA
- PLC di generazioni diverse
- firewall assente o minimale.

62443 permette di trasformare questo scenario in qualcosa del tipo:

- zone separate (trattamento, distribuzione, telecontrollo)
- conduits protetti
- controllo accessi
- sistema di logging
- segmentazione tra IT e OT
- DMZ industrial.

È un salto culturale enorme e fa capire perché oggi 62443 è considerato indispensabile.

➡ DOVE 62443 OGGI NON BASTA PIÙ

Il limite di 62443 non è nella sua logica, è nella sua ontologia. È nato per difendere sistemi statici, perimetrati, prevedibili, ma il mondo moderno è:

- dinamico
- distribuito

- interconnesso
- aggiornabile
- orchestrato da servizi esterni
- basato su container effimeri
- con agenti AI embedded
- dipendente da cloud industriali.

La sicurezza non può essere pensata come sola segmentazione di un "territorio". Il territorio non esiste più, e per dimostrarlo possiamo pensare a questi esempi concettuali:

- **Container OT: sicurezza per oggetti "effimeri"**

Un container edge industriale può:

- nascere alle 8:00
- eseguire un modello AI
- interagire con PLC e sensori
- aggiornare parametri
- terminare alle 8:45.

Le domande che ci possiamo porre sono le seguenti. Qual è la sua zona? Qual è il suo conduit? Come si assegna un SL? Come si gestisce la compliance se non è nemmeno persistente? La risposta è che la 62443 non era progettata per entità che vivono minuti.

- **Firmware aggiornati ogni settimana**

La 62443 presuppone un ciclo di vita relativamente stabile, ma oggi molti dispositivi industriali:

- ricevono patch frequenti
- aggiornano modelli AI
- cambiano comportamento
- mutano vulnerabilità
- includono componenti open-source con rischio supply-chain.

La natura del rischio diventa dinamica. Il concetto di "valutazione periodica" non regge più.

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

- **Sistemi cloud OT**

Un sistema di anomaly detection basato su AI in cloud:

- riceve milioni di dati
- li elabora
- restituisce comandi al PLC.

Ma il cloud non è una zona, non è segmentabile, non ha confini interni coerenti con la logica OT. Il modello “zone & conduits” funziona se l’infrastruttura è localizzata, con il cloud, non lo è più.

- **Attacchi ai modelli di machine learning**

La nuova frontiera degli attacchi industriali non è l’intrusione diretta nei PLC, ma la manipolazione dei dati. Ad esempio:

- poisoning del dataset
- drift intenzionale
- manipolazione del rumore
- inversione del modello
- attacchi alla supply chain dei modelli.

Questi attacchi non esistono nella logica di 62443, che nasce per proteggere i canali e le superfici di comunicazione, ma non è pensata per la semantica dei dati o l’integrità del modello.

- **DevOps industriale e aggiornamenti continui**

I fornitori OT cominciano a passare verso:

- CI/CD per PLC (con workbench moderni)
- container OT
- deploy continui
- architetture GitOps.

Ma 62443 è strutturato attorno a cicli lunghi, quasi “waterfall”. L’infrastruttura moderna invece comincia a spostarsi verso una struttura iterativa e continua.

Sotto la superficie tecnica, 62443 porta un'idea implicita, semplice comprensibile: la difesa si fa dall'esterno verso l'interno. Possiamo rivedere la logica dei castelli medievali:

- fuori è pericoloso
- dentro è sicuro
- il confine è dove metti il muro
- più muri hai, più sei protetto.

Ma la fabbrica contemporanea non assomiglia più a un castello, assomiglia a una città aperta, interconnessa, attraversata da migliaia di canali di flusso dati, agenti digitali, modelli, aggiornamenti, servizi. Il perimetro non è più un luogo fisico, né un luogo logico, è una condizione temporale che esiste finché dura una connessione. La 62443 non è sbagliata, ma oggi la sicurezza non può essere concepita come un muro, serve pensarla come una proprietà emergente del sistema.

➔ COME MIGLIORARE: SICUREZZA DISTRIBUITA, NON SEGMENTATA

La sicurezza moderna richiede concetti nuovi:

- **zero-trust OT**, ogni entità deve essere autenticata continuamente
- **identità dei modelli**, protezione del ciclo di vita AI
- **mutual attestation tra edge, cloud e PLC**
- **SBOM dinamiche**, non statiche
- **rischio probabilistico**, non categoriale
- **firme comportamentali** anziché regole statiche
- **monitoraggio distribuito**, non centralizzato
- **ciclo CICD sicuro**, non patching sporadico
- **governance continua**, non solo audit periodici.

Non si tratta di sostituire 62443, ma di superarne la filosofia, di pensare alla sicurezza come una proprietà diffusa, non come una suddivisione in zone.

➔ LA SICUREZZA È UN FENOMENO DINAMICO

Il mondo OT senza la 62443 sarebbe un mondo molto più fragile, sarebbe un luogo disordinato, vulnerabile e impreparato. Nessuno mette in discussione il valore enorme che la 62443 ha portato, ma oggi, mentre la fabbrica diventa un ecosistema cognitivo, arricchito da AI, orchestrato da edge e cloud, e capace di mutare comportamento in minuti, 62443 può non avere la “grammatica” sufficiente.

La sicurezza deve diventare un fenomeno dinamico, un sistema di adattamento continuo, una intelligenza distribuita. Deve così essere una proprietà emergente, non un muro. La fabbrica moderna è un organismo vivo, per questo ciò che è vivo non può essere protetto con delle mura.

➔ ISA-112: LO SCADA (LEGACY)

La ISA-112, per paradosso, potrebbe essere lo standard più giovane e anche quello che rischia di risultare il più anacronistico. ISA-112 nasce con la promessa di modernizzare la supervisione industriale, di costruire finalmente un linguaggio comune per un mondo che per decenni aveva interpretato la parola “SCADA” in modi talmente diversi da renderla quasi indefinibile.

Nelle intenzioni dei suoi creatori, ISA-112 avrebbe dovuto fare per la supervisione ciò che 88 fece per il batch e ciò che 95 fece per la gerarchia di fabbrica, ovvero portare una forma, un principio organizzatore, in una parola una semantica. Per molti versi ci riesce, il problema è che la supervisione ha smesso di essere ciò che era. ISA-112 è nato per modernizzare un concetto (lo SCADA tradizionale) che il mercato stesso ha cominciato ad abbandonare. È come definire uno standard per videocamere digitali mentre tutti sono già passati allo smartphone, ovvero non sbagli tecnicamente, ma rischi di descrivere un mondo che sta scomparendo sotto i tuoi occhi.

È importante riconoscere i meriti di ISA-112, ma altrettanto comprendere perché l’idea stessa di supervisione deve essere ripensata in modo radicale, perché un modello

progettato per ordinare funzioni centralizzate fa fatica a descrivere una realtà fatta di intelligenza distribuita, di edge analytics, di HMI dinamiche e di sistemi cloud-first. Per comprendere la logica di ISA-112 bisogna ricordare che, fino a pochi anni fa, lo SCADA era il punto focale della fabbrica. Tutto passava da lì:

- la raccolta dati
- la visibilità operativa
- la gestione degli allarmi
- la storicizzazione
- le dashboard
- i comandi diretti ai PLC.

Lo SCADA era la sala di controllo dell'impianto, un luogo fisico, mentale e operativo. ISA-112 nasce in questo contesto, ovvero dove la supervisione aveva un centro, e quel centro era lo SCADA.

Il suo obiettivo è dare:

- una definizione chiara delle funzioni SCADA
- un modello architetturale aggiornato
- linee guida per gestione allarmi, storici, trend
- un metodo per progettare, testare e mantenere la supervisione.

ISA-112 è stata un'operazione necessaria, richiesta da molti e in linea teorica e di principio coerente e tempestiva, ma la fabbrica non ha aspettato ISA-112. Mentre ISA-112 prendeva forma, accadevano tre trasformazioni radicali:

- **L'edge computing ha portato intelligenza vicino alla macchina**

I gateway edge industriali hanno iniziato a fare ciò che un tempo era dominio esclusivo dello SCADA: filtrare, pre-elaborare, aggregare, classificare. Molti segnali oggi non "passano più" per uno SCADA tradizionale.

- **Il cloud ha assorbito la storicizzazione e l'analisi**

Le piattaforme cloud industriali hanno reso possibile:

- analisi avanzate

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

- AI in tempo quasi reale
- modelli predittivi
- dashboard generate dinamicamente
- correlazioni tra siti.

Con un concetto tipico del cloud-first design, lo SCADA diventa un punto di passaggio, non un punto centrale.

• L'HMI sta diventando generativa, modulare, multi-device

Le interfacce moderne non saranno (e già oggi ci sono esempi) più costruite "a mano" come schermate statiche, ma saranno:

- adattive
- basate su modelli
- responsive
- disponibili su mobile, tablet, wearable, AR, VR.

Lo SCADA tradizionale, legato alla sala controllo, diventa uno dei possibili punti di vista.

➔ PERCHÉ ISA-112 È "GIÀ VECCHIO"

ISA-112 è scritto con un presupposto implicito: la supervisione è una funzione centralizzata, ma questo presupposto non è più vero. La supervisione non è un sistema, è una funzione distribuita.

In un impianto moderno, il "concetto SCADA" è spezzettato in molti agenti:

- edge AI rileva anomalie su vibrazioni
- servizio cloud archivia e correla dati
- piattaforma di analytics genera KPI
- app mobile presenta le informazioni all'operatore
- sistema locale gestisce allarmi critici
- digital twin visualizza condizioni in tempo reale
- HMI auto-generata presenta viste contestuali.

Nessuno di questi agenti è "lo SCADA", ma ciascuno rappresenta una parte dell'insie-

me di una moderna supervisione. ISA-112 cerca di riportare tutto dentro un concetto unico, ordinato, coerente, centralizzato, ma il risultato sembra essere un modello elegante e allo stesso modo disallineato perché il mondo che descrive comincia a evolversi e trasformarsi.

ISA-112 descrive un mondo in cui:

- esiste un server SCADA principale
- le HMI sono progettate e distribuite dall'alto
- la telemetria è centralizzata
- lo storico è depositato in un unico sistema
- gli allarmi sono gestiti da una singola applicazione
- la sicurezza è data dalla segmentazione della rete.

Oggi tutto questo sta prendendo una strada differente, che possiamo riassumere in:

- la telemetria viaggia direttamente verso il cloud
- esistono HMI auto-generate dai dati
- gli allarmi sono filtrati da agenti locali AI
- lo storico è un data lake distribuito
- i sistemi sono containerizzati
- l'operatore non lavora in sala controllo, ma con smartphone e tablet
- l'integrità dei dati non è più garantita da un "unico sistema SCADA."

Lo SCADA tradizionale non è sparito, è diventato una parte di un sistema molto più ampio e complesso. ISA-112 fotografa una struttura che non è più dominante. Proviamo a comprendere questo attraverso degli esempi concreti:

- **Streaming industriale**

In molte aziende manifatturiere, la pipeline dei dati è:

PLC ➡ Edge gateway ➡ MQTT ➡ Cloud analytics ➡ Dashboard AI.

Lo SCADA non è nel percorso, non vede i dati, non controlla il flusso, non ha visibilità completa. ISA-112 dà per scontato che la supervisione sia il "perno" informativo.

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

Ma qui i dati non toccano mai lo SCADA.

- **Dashboard auto-generate da AI**

Una piattaforma cloud può analizzare i tag e costruire dashboard automaticamente. Il ruolo dell'ingegnere SCADA cambia completamente, perché non disegna più oggetti grafici, ma supervisiona modelli e suggerimenti. ISA-112 non prevede questa trasformazione.

- **Anomaly detection edge**

Un sistema edge rileva una vibrazione sospetta su un motore e genera un allarme. Lo SCADA può anche non essere coinvolto, perché l'allarme esiste "a monte". Non è stato generato centralmente, ma localmente. ISA-112 presuppone che l'allarme nasca nella supervisione, ma non è più così.

- **Controllo visivo AI-based**

Un sistema di visione artificiale basato su AI produce decisioni di qualità. Molte aziende inviano questi dati direttamente ai PLC o al cloud, saltando lo SCADA. Gli standard classici di supervisione sono organizzati attorno ai segnali SCADA, non attorno a flussi di immagini e decisioni algoritmiche. ISA-112 è semanticamente inadatto a questo flusso.

Il limite concettuale di ISA-112 è di rappresentare la supervisione come un "luogo". ISA-112 nasce con l'idea implicita che la supervisione sia:

- un sistema
- un ambiente
- un punto centrale
- un luogo entro la topologia OT.

Questo non è più vero, lo SCADA non è più un luogo, ma è un "fenomeno", è la somma di mille occhi distribuiti in ogni punto della fabbrica: edge, cloud, HMI, analytics, digital twin, algoritmi predittivi. La supervisione moderna è un sistema nervoso, non una sala controllo, e un sistema nervoso non può essere standardizzato come un edificio.

→ COSA DOVREBBE ESSERE UNO STANDARD DI SUPERVISIONE OGGI

Non un "ISA-112 aggiornato", ma un nuovo paradigma:

- non un modello per un sistema, ma un modello per funzioni distribuite;
- non un "server SCADA", ma un grafo di agenti che condividono contesto;
- non HMI progettate, ma viste generate dinamicamente;
- non allarmi centralizzati, ma autonomi e correlati;
- non uno storico unico, ma pipeline con semantica comune;
- non un confine OT, ma un flusso OT-cloud continuo;
- non una rete fissa, ma una rete in continua ricombinazione.

In sostanza servirebbe uno standard che parli il linguaggio della "supervisione liquida", non della supervisione centralizzata. ISA-112 è un passo avanti rispetto allo SCADA classico, ma un passo indietro rispetto al prossimo futuro.

→ OLTRE LA GRAMMATICA: VERSO UNA NUOVA IDEA DI FABBRICA

La storia dell'automazione industriale è una storia di sottrazioni. Ogni volta che abbiamo costruito una nuova tecnologia, lo abbiamo fatto sottraendo incertezza, riducendo variabilità, imponendo ordine. Abbiamo trasformato processi imprevedibili in sistemi controllabili. Abbiamo dato nomi, definizioni, strutture. Abbiamo costruito standard come ISA-88, ISA-95, ISA-99/62443, ISA-112, che funzionano proprio perché il mondo industriale era, in fondo, un mondo che accettava di essere ordinato. La loro forza non è solo tecnica, ma agisce sulla cultura offrendo una grammatica. La grammatica, da sempre, è ciò che rende possibile il pensiero, ma la fabbrica che ha chiesto gli standard non c'è più.

La fabbrica è stata lentamente rimpiazzata da un organismo più complesso, più distribuito, più veloce, più cognitivo. Un organismo che non assomiglia più a una piramide,

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

ma a un reticolo; non è un tempio stabile, ma un ecosistema in continua trasformazione; non è più un sistema deterministico, ma una costellazione probabilistica. Il punto non è che gli standard ISA siano sbagliati perché non lo sono. Il punto è che sono stati progettati per un mondo statico, ovvero un mondo in cui:

- il cambiamento era lento
- la variabilità era controllabile
- la gerarchia era stabile
- la sicurezza era perimetrica
- la supervisione era centrale
- l'intelligenza era umana
- il software era ancillare alla macchina.

La fabbrica di oggi, invece, vive in un regime completamente differente:

- intelligenze multiple prendono decisioni in punti distribuiti
- i dati non seguono più una sola direzione
- gli algoritmi influenzano il processo
- la manutenzione non corregge più, ma anticipa
- la sicurezza non difende più, ma previene
- le architetture si riconfigurano
- i sistemi si aggiornano mentre funzionano
- l'edge assume responsabilità che un tempo appartenevano al MES
- il cloud parla ai PLC come se non ci fossero livelli intermedi
- la supervisione è un flusso, non un luogo.

La fabbrica, per la prima volta nella sua storia, ha smesso di essere un edificio e ha iniziato a essere un organismo vivente. In questa transizione, gli standard ISA non possono bastare. Non perché siano superati, ma perché non sono nati per descrivere fenomeni emergenti. Sono standard che organizzano il passato, mentre la fabbrica si proietta nel futuro. Non possiamo aggiornare gli standard per inseguire la realtà. La realtà cambierà sempre più velocemente degli standard. Quello di cui abbiamo biso-

gno non è una nuova norma, ma una nuova grammatica. Una grammatica che non descriva ciò che la fabbrica dovrebbe essere, ma ciò che effettivamente è, cioè una grammatica che riconosca che:

- la modularità non è più una struttura, ma una proprietà emergente
- la gerarchia non è più un obbligo, ma un caso particolare
- la sicurezza non è più un perimetro, ma un comportamento collettivo
- la supervisione non è più un punto centrale, ma un insieme di funzioni diffuse
- il processo non è più deterministico, ma negoziato
- la ricetta non è più definita, ma generata
- l'intelligenza non è più un ruolo umano, ma un attributo del sistema.

Per oltre trent'anni abbiamo pensato la fabbrica come qualcosa che poteva essere descritto. Oggi dobbiamo iniziare a pensarla come qualcosa che deve essere interpretato. La differenza è sottile, ma importante, perché uno standard descrive, mentre una grammatica permette di comprendere.

Gli standard ISA non devono essere abbandonati, ma devono essere trascesi. Devono diventare il fondamento di una nuova cultura industriale che sappia essere più flessibile, più adattiva, più pronta a riconoscere le connessioni non lineari tra sistemi, persone, algoritmi e macchine.

Una cultura capace di trattare la complessità non come una minaccia, ma come uno stato naturale dell'innovazione. La fabbrica del futuro sarà sempre più veloce e volerla normare sarà difficile, sarà inoltre sempre più intelligente, distribuita e dinamica per essere centralizzata, gerarchizzata e ingabbiata in schemi pensati per un mondo statico.

Più che nuovi standard, serve un nuovo pensiero. Una grammatica generativa che lasci emergere l'ordine della complessità invece di imporlo dall'alto. Una grammatica capace di trasformare la fabbrica da "sistema da controllare" a "ecosistema da comprendere".

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

Ci troviamo nel momento storico in cui l'industria deve fare ciò che ogni disciplina matura ha fatto, ovvero rivedere il proprio linguaggio per non smettere di capire il mondo che cambia. Il compito è ambizioso, ma inevitabile. Forse è proprio qui che inizia la prossima stagione industriale: non con una nuova tecnologia, ma con una nuova forma di consapevolezza.

➔ LA FABBRICA CERTIFICABILE

Se si vuole che la fabbrica diventi un ecosistema dinamico, allora nella sua progettazione non si possono più tenere separati architettura tecnica, gestione del dato, sicurezza e conformità normativa. È assolutamente necessario fare riferimento ad un nuovo modello integrato in cui:

- l'architettura sia basata sull'adattabilità: i cambiamenti diventano sempre più frequenti;
- il dato sia nativamente contestualizzato: dare significato ai dati, eliminando le soggettività;
- l'AI sia tracciabile nel ciclo di vita: avere piena consapevolezza delle ragioni che portano alle scelte;
- la sicurezza sia continuamente monitorata ed aggiornata all'occorrenza: fa parte dell'adattamento.

Ne conseguirà che la certificazione andrà pensata come processo iterativo e trasparente e non come evento sporadico e lacunoso. In questa prospettiva la fabbrica del futuro non sarà solo intelligente, ma potrà aspirare ad essere strutturalmente e intrinsecamente certificabile.

➔ CONCLUSIONI

La tecnologia sta cambiando talmente velocemente che le regole, i modelli e la grammatica dei linguaggi che l'hanno descritta finora risultano non più adeguati a darne una rappresentazione attuale. Non si tratta solo di linguaggio, il problema ha radici

più profonde e riguarda la capacità di saper rappresentare le nuove istanze derivate dall'introduzione degli attuali 'strumenti' tecnologici.

Molto spesso non si riesce nemmeno a comprendere dove questi strumenti di nuova generazione potrebbero essere inseriti all'interno delle ormai vecchie strutture formali e architetture fisico-logiche. Strutture e architetture che, sebbene siano state molto utili nell'epoca delle proto-tecnologie di automazione, oggi sono da considerare in gran parte superate proprio per la loro inadeguatezza all'integrazione delle nuove soluzioni tecnologiche.

Nel tempo, ISA-88 ha stabilito le regole in un mondo di processi relativamente ripetitivi, stabili e sostanzialmente prevedibili; ISA-95 ha definito il modello della fabbrica piramidale con una stratificazione a livelli gerarchici; ISA-99, poi evoluta nella serie IEC 62443, è nata per la gestione della security in un'industria che viveva isolata, protetta da reti chiuse e protocolli proprietari; ISA-112 è servita a modernizzare la supervisione industriale, costruendo un linguaggio comune per il mondo 'SCADA', così come la ISA-88 per la produzione a batch e la ISA-95 per ordinare le gerarchie di fabbrica.

Quello che è successo negli ultimi anni è che la fabbrica tradizionale è stata lentamente rimpiazzata da un organismo più complesso, più distribuito, più veloce, più cognitivo. Un organismo che non assomiglia più a una piramide, ma a un reticolo. La stabilità ha lasciato il passo ad un ecosistema in continua trasformazione; i sistemi definiti e deterministici sono divenuti costellazioni probabilistiche.

La fabbrica di oggi è composta da intelligenze multiple che prendono decisioni in punti distribuiti, il flusso dei dati non segue più una sola direzione, gli algoritmi influenzano i processi, la manutenzione si anticipa proattivamente e la sicurezza deve essere preventiva. Perciò devono esserci architetture riconfigurabili, sistemi che si aggiornano mentre funzionano; le decisioni sono contemporaneamente locali, intermedie e generali saltando tutti i vecchi schemi di gerarchie, attraverso funzioni che si attivano a

La fabbrica che evolve più velocemente della sua grammatica

livello locale (edge) o remoto (cloud) bypassando i livelli intermedi. Qui la supervisione diventa un flusso continuo e non rimane solo un punto fisico di controllo.

Il quadro di modernizzazione della fabbrica lo si completa attraverso la sua trasformazione in ecosistema dinamico nativamente progettato per la gestione dei dati, della sicurezza e della conformità normativa: la cosiddetta 'fabbrica certificata'.

QUANDO IL LINGUAGGIO NON BASTA PIÙ INTERVIENE LA NORMA

La crisi degli standard industriali non è un dibattito teorico né una disputa tra scuole di architettura dei sistemi. È una frattura operativa che si manifesta quotidianamente nei rapporti tra gli attori della filiera industriale come i costruttori di macchine, gli integratori, gli utilizzatori finali, i fornitori di software e servizi digitali. Finché la fabbrica era un sistema relativamente stabile e interpretabile con categorie condivise, questi rapporti si reggevano su un equilibrio implicito: ruoli chiari, confini tecnici definiti e responsabilità distribuite secondo logiche consolidate.

Quando questa grammatica comune inizia a perdere aderenza alla realtà, l'equilibrio si incrina. Il problema non emerge subito come conflitto aperto, ma come una serie di ambiguità crescenti. Troviamo così casi come dati che esistono ma non sono esplicitamente definiti, informazioni che circolano ma senza un perimetro condiviso, responsabilità che si sovrappongono senza coincidere. In questa fase, il sistema continua a funzionare, ma lo fa "per inerzia", appoggiandosi a consuetudini che non sono più sufficienti a garantire fiducia. È in questo spazio grigio che il dato diventa un oggetto problematico. Non è più soltanto una variabile tecnica né una semplice estensione del funzionamento della macchina. Il dato assume un valore economico, strategico e competitivo, ma senza che esistano categorie condivise per definirne natura, origine, trasformazione e legittimità d'uso.

Ciò che per un attore è un'informazione necessaria per migliorare il prodotto, per un altro diventa un rischio di perdita di vantaggio competitivo. La mancanza di una grammatica condivisa trasforma il dato da fattore abilitante a elemento di sospetto.

Quando questa ambiguità diventa sistemica, il conflitto non può più essere gestito sul piano tecnico. Si sposta inevitabilmente su un altro livello, quello contrattuale e normativo. È in questo contesto che nasce il Data Act. Non come strumento per ripensare la fabbrica o guidarne l'evoluzione tecnologica, ma come tentativo di ristabilire un equilibrio

laddove la fiducia implicita si è dissolta. La norma interviene per definire diritti, obblighi e confini in un sistema che ha perso la capacità di autoregolarsi attraverso il linguaggio condiviso. In questo senso, il Data Act non è la causa della crisi attuale, ma un suo sintomo avanzato. È la risposta giuridica a una frattura semantica e industriale che si è già prodotta.

Prima ancora di chiedersi "di chi è il dato", la domanda strutturale dovrebbe essere un'altra: "stiamo ancora parlando dello stesso oggetto quando usiamo la parola 'dato'?" Se gli attori coinvolti non condividono la stessa interpretazione di ciò che il dato rappresenta all'interno del sistema produttivo, nessuna regolamentazione potrà, da sola, ricostruire la fiducia perduta.

La frattura semantica fino a qui descritta non rimane solo teorica. Quando la grammatica non è più sufficiente a governare il sistema, il conflitto si trasferisce dal piano semantico a quello giuridico e il dato si trasforma da oggetto tecnico ad oggetto normativo ed è proprio in questo luogo di frattura che nasce il Data Act.

DATA ACT

A chi appartengono i dati?

Autori: M. Spiriticchio, F. Milan, O. Lucia

➔ INTRODUZIONE

Il Data Act rappresenta un passo significativo verso la regolamentazione della gestione e del libero accesso ai dati, ponendo le basi per una maggiore trasparenza e condivisione tra soggetti pubblici e privati. Tra le sue principali funzioni vi sono la definizione dei diritti di accesso, la promozione di un ecosistema digitale competitivo e l'introduzione di regole per la portabilità e la protezione dei dati. È anche vero che il Data Act da solo non può risolvere tutte le problematiche legate all'utilizzo dei dati ed occorre implementare approcci di tipo multidisciplinare oltre che la collaborazione tra le parti, per affrontare sfide importanti come la sicurezza, la privacy e, più in generale, la gestione delle informazioni sensibili.

Infatti, la normativa, per quanto avanzata e dettagliata, non può completamente sostituire la fiducia tra i soggetti coinvolti, che nasce e risiede nel rispetto reciproco, nella trasparenza e nella responsabilità. La legge può certamente incentivare questi fattori ma non può garantirli. In altre parole, la norma crea il quadro entro cui operare, ma è la cultura della collaborazione e dell'etica digitale a determinare un ambiente di fiducia. Esistono poi anche dei limiti intrinseci alla risposta normativa legati alla rapidità dell'innovazione tecnologica che spesso supera la capacità delle leggi di adattarsi ad essa. Le norme possono essere rigide, mentre il mondo digitale è fluido e in continua evoluzione. Con questi presupposti si può facilmente immaginare che trovare una via d'uscita non sia semplice. È necessario abbinare un approccio dinamico per stare dietro agli aggiornamenti costanti della normativa, promuovendo la formazione e la consapevolezza digitale, alla capacità di coinvolgimento di tutti gli attori interessati.

Tutto ciò non dev'essere visto solo dal punto di vista di ulteriori complicazioni burocratiche che ostacolano la possibilità di fare del business. Ha invece molto più senso guardare dalla prospettiva per cui i "dati" non sono solo informazioni tecniche, ma rappresentano un asset fondamentale per la crescita economica e la competitività strategica. Perché, per esempio, dal punto di vista tecnico, i dati alimentano il miglioramento, la ricerca di soluzioni più efficienti e l'innovazione. Il tutto anche e soprattutto

se si utilizzano soluzioni basate sull'intelligenza artificiale. Economicamente, costituiscono la base per nuovi modelli di business e servizi. Strategicamente, sono il motore che può determinare il vantaggio competitivo di un'azienda. Questi sono i motivi per cui i dati vanno tutelati, valorizzati e gestiti con lungimiranza. Oggi senza i dati non si può guardare al futuro.

➔ DATA ACT:

QUANDO LA NORMA TENTA DI SOSTITUIRE LA FIDUCIA

Il Data Act nasce in un momento in cui il sistema industriale europeo mostra una tensione crescente attorno al tema dei dati. Non si tratta di una tensione tecnologica in senso stretto, né di un semplice problema di proprietà intellettuale. È, più profondamente, una crisi di fiducia che attraversa l'intera filiera produttiva e che affonda le sue radici nella trasformazione dei sistemi industriali in sistemi sempre più data-driven, distribuiti e opachi nella loro interpretazione.

Per anni, il rapporto tra costruttori di macchine e utilizzatori finali si è basato su un equilibrio relativamente stabile. La macchina era un oggetto finito, il suo comportamento era in larga parte deterministico e il valore risiedeva principalmente nella sua capacità produttiva. I dati generati durante il funzionamento avevano un ruolo accessorio, in sostanza servivano a monitorare, diagnosticare, ottimizzare marginalmente. La fiducia tra le parti non era codificata, ma implicita, sostenuta da ruoli chiari e da confini tecnici ben definiti. Con la progressiva digitalizzazione dei processi produttivi, questo equilibrio si è spezzato. I dati hanno cessato di essere un sottoprodotto del funzionamento della macchina per diventare un elemento centrale di valore economico, strategico e competitivo.

Attraverso i dati, è possibile migliorare le prestazioni, anticipare i guasti, adattare i processi, sviluppare nuovi modelli di servizio, ma proprio questa centralità ha reso il dato un oggetto ambiguo, conteso, difficilmente inquadrabile nelle categorie tradizionali.

A chi appartengono i dati?

Il costruttore vede nei dati generati dalle sue macchine la possibilità di comprendere come la macchina opera realmente, al di là delle condizioni ideali di progetto e collaudo. L'utilizzatore, al contrario, teme che l'accesso a quei dati possa tradursi in una perdita di controllo sul proprio processo produttivo, sul proprio know-how operativo e, in ultima analisi, sul proprio vantaggio competitivo.

In assenza di una grammatica condivisa che definisca cosa rappresentano quei dati, come possono essere interpretati e per quali finalità possano essere utilizzati, la relazione si trasforma gradualmente in sospetto reciproco. È in questo contesto che il Data Act interviene, non come strumento per ripensare il modello industriale, ma come tentativo di ricostruire, per via normativa, un equilibrio che il sistema non è più in grado di garantire autonomamente. La norma cerca di ristabilire fiducia imponendo diritti di accesso, obblighi di condivisione e limiti all'uso dei dati, nella speranza che una maggiore chiarezza giuridica possa compensare l'assenza di un linguaggio tecnico e industriale comune.

“Il problema”: il ricorso alla norma come sostituto della fiducia evidenzia un limite strutturale. La fiducia non è un attributo che possa essere imposto dall'esterno, al contrario è una proprietà emergente di sistemi che condividono obiettivi, significati e regole interpretative. Il Data Act può ridurre le asimmetrie più evidenti e prevenire abusi, ma non può, da solo, generare collaborazione né allineamento strategico tra gli attori della filiera. Il rischio, se questo limite non viene riconosciuto, è che la regolamentazione venga percepita come un ulteriore livello di complessità e di vincolo, anziché come un'opportunità per ripensare il modo in cui le macchine vengono progettate, i dati generati e le relazioni industriali costruite. In questo senso, il Data Act rappresenta un passaggio necessario, ma non sufficiente. È un segnale chiaro del fatto che il sistema ha perso una parte della propria capacità di autoregolarsi attraverso il linguaggio e la fiducia condivisa.

Comprendere il Data Act in questi termini consente di spostare il focus dalla domanda “di chi è il dato?” a una questione più profonda e strutturale, ossia: “come deve essere

progettato un sistema industriale affinché la fiducia non debba più essere sostituita dalla norma, ma possa emergere come risultato naturale della sua architettura?”

➔ IL CONFLITTO DEI DATI NELLA FILIERA INDUSTRIALE

Il tema dei dati industriali è diventato, negli ultimi anni, uno dei principali punti di frizione lungo l'intera filiera produttiva. Non si tratta di una questione meramente tecnica, né di un semplice problema di accesso alle informazioni, ma di un conflitto strutturale che coinvolge ruoli, responsabilità, modelli di business e, soprattutto, fiducia reciproca tra gli attori industriali. La crescente centralità dei dati ha trasformato profondamente il rapporto tra costruttori di macchine, integratori, utilizzatori finali e fornitori di servizi digitali. Ciò che un tempo era un sottoprodotto del funzionamento della macchina è oggi una risorsa strategica, capace di influenzare competitività, potere contrattuale e capacità di innovazione. Tuttavia, questa trasformazione è avvenuta più rapidamente della capacità del sistema industriale di dotarsi di categorie condivise per interpretarla e governarla.

Questo capitolo analizza il conflitto che ne deriva, mostrando come l'assenza di una grammatica comune sul dato abbia progressivamente eroso la fiducia tra le parti e reso necessario l'intervento normativo. Il Data Act viene qui letto non come un semplice strumento regolatorio, ma come il segnale di una frattura più profonda, che la norma tenta di ricomporre agendo sugli effetti di un problema che nasce a monte, nel modo stesso in cui progettiamo, interpretiamo e utilizziamo i dati industriali.

➔ IL CONFLITTO REALE NELLA FILIERA INDUSTRIALE

Il dibattito sul Data Act non nasce in ambito accademico né esclusivamente giuridico. Nasce da un conflitto concreto, quotidiano, che attraversa l'intera filiera industriale e che, negli ultimi anni, è diventato uno dei principali fattori di attrito nello sviluppo e nell'adozione di soluzioni digitali avanzate. Costruttori di macchine (OEM), integratori, utilizzatori finali e fornitori di servizi digitali operano oggi su sistemi sempre più com-

A chi appartengono i dati?

nessi senza condividere un quadro interpretativo comune sui dati che questi sistemi generano. Dal punto di vista del costruttore, l'accesso ai dati "vivi" della macchina in esercizio è diventato un requisito fondamentale. I dati raccolti in produzione riflettono condizioni che non possono essere replicate né in fase di collaudo né tramite simulazione per via di: variabilità ambientale, differenze nelle materie prime, comportamenti operativi, livelli di competenza del personale.

Senza questi dati, il costruttore perde la possibilità di comprendere il comportamento reale delle proprie macchine, di migliorarne le prestazioni, di correggere errori progettuali e di sviluppare in modo consapevole le generazioni future o aggiornamenti sull'esistente. Dal punto di vista dell'utilizzatore, la connessione della macchina e la condivisione dei dati generano timori altrettanto concreti.

L'accesso del costruttore ai dati di produzione può essere percepito come una perdita di controllo su informazioni strategiche: volumi produttivi, livelli di efficienza, ricette, configurazioni operative. L'utilizzatore teme che questi dati possano essere utilizzati per "fargli i conti in tasca", ricalcolando tempi di ritorno dell'investimento, influenzando politiche di prezzo o, in scenari peggiori, trasferendo indirettamente vantaggi competitivi a concorrenti che utilizzano macchine simili. In assenza di una grammatica condivisa che chiarisca natura, limiti e finalità dell'uso dei dati, il rapporto tra le parti si sposta progressivamente dalla collaborazione al sospetto.

Esiste inoltre uno scenario complementare, spesso sottovalutato ma altrettanto determinante. L'utilizzatore non teme soltanto l'accesso dell'OEM ai dati, ma rivendica egli stesso la disponibilità dei dati generati dalla macchina durante il funzionamento, per ottimizzare la produzione non solo dal punto di vista tecnico, ma anche organizzativo. In questa prospettiva, i dati diventano una leva per migliorare pianificazione, manutenzione, qualità e rendimento, attraverso strumenti digitali sviluppati internamente o tramite soluzioni commerciali fornite da terze parti specializzate. È proprio la presenza di questo bisogno "legittimo" dell'utilizzatore che rende il tema non ridicibile

a un semplice conflitto di interessi, ma a una questione strutturale di governance e di architettura del valore lungo la filiera.

Questo conflitto non è patologico: è il risultato naturale di una trasformazione tecnologica che ha reso i dati centrali senza chiarirne il ruolo sistemico all'interno della filiera.

→ **IL DATO COME OGGETTO AMBIGUO: TECNICO, ECONOMICO, STRATEGICO**

Nell'attuale contesto industriale, il dato non è più una semplice variabile di processo, è simultaneamente un elemento tecnico, un asset economico e un oggetto strategico. Può rappresentare una misura o uno stato operativo, ma anche una leva di ottimizzazione, una fonte di vantaggio competitivo e, in alcuni casi, uno strumento di potere contrattuale. Questa molteplicità di significati è raramente esplicitata.

Ogni attore tende a interpretare il dato secondo la propria prospettiva funzionale, dando per scontato che gli altri condividano la stessa lettura. Il costruttore vede nel dato uno strumento di miglioramento tecnologico. L'utilizzatore lo percepisce come parte integrante del proprio know-how produttivo. I fornitori di servizi digitali lo considerano una materia prima per nuovi modelli di business. Quando queste interpretazioni non coincidono, il conflitto non riguarda più il dato in sé, ma il significato e il valore che gli vengono attribuiti.

Il Data Act interviene proprio su questo punto critico, introducendo una distinzione tra dati grezzi, che devono essere resi accessibili, e dati elaborati, che possono essere protetti in quanto frutto di investimenti e proprietà intellettuale. In termini pratici, la logica sottesa è distinguere tra ciò che la macchina genera come "dato del prodotto" (misure, stati, eventi, log operativi) e ciò che viene prodotto attraverso elaborazioni, aggregazioni o modelli sviluppati grazie a competenze e investimenti specifici. Il regolamento tende a tutelare quest'ultima componente come risultato di lavoro ingegneri-

A chi appartengono i dati?

stico e quindi, in molti casi, come elemento assimilabile a proprietà intellettuale, mentre spinge affinché l'utente possa accedere ai dati grezzi necessari a esercitare controllo, ottimizzazione e interoperabilità. Tuttavia, proprio nel mondo industriale, la separazione non è sempre netta: spesso ciò che appare "grezzo" contiene già scelte progettuali e semantiche dell'OEM, e ciò che appare "elaborato" può essere indispensabile per rendere i dati utilizzabili e sicuri.

Questa distinzione, pur formalmente corretta, lascia aperta una questione fondamentale: "chi decide cosa è grezzo e cosa è elaborato in un sistema industriale complesso, adattivo e in continua evoluzione?". In molti casi, il confine non è tecnico, ma interpretativo.

➔ COSA FA (E COSA NON PUÒ FARE) IL DATA ACT

Il Data Act tenta di riequilibrare i rapporti di forza imponendo obblighi di accesso e condivisione dei dati, con l'obiettivo dichiarato di aumentare la competitività complessiva del sistema produttivo europeo e rimuovere ostacoli allo sviluppo di applicazioni digitali innovative. In questo senso, rappresenta uno sforzo legittimo e necessario per affrontare una situazione che il mercato, da solo, non è riuscito a risolvere. L'intervento normativo si colloca prevalentemente a valle del problema.

La norma regola chi può accedere ai dati e a quali condizioni, ma non affronta il nodo centrale di cosa quei dati rappresentino all'interno dei sistemi industriali reali. In assenza di definizioni operative condivise, la distinzione giuridica tra dati grezzi e dati elaborati rischia di rimanere astratta, perché ciò che è "grezzo" dal punto di vista legale può incorporare già scelte progettuali, semantiche e di contesto definite dal costruttore. I documenti di lavoro settoriali, come le diverse iniziative per rendere i dati trasparenti ("Transparent Data"), mostrano chiaramente che la creazione di valore non dipende tanto dall'obbligo di accesso, quanto dalla capacità di costruire un linguaggio comune sul dato: definizioni condivise, contesti d'uso espliciti, unità di misura, frequenze di

aggiornamento, confini di sistema. In questi casi, la fiducia non è imposta, ma emerge come conseguenza della chiarezza. Al contrario, quando l'accesso al dato è regolato senza un corrispondente lavoro sulla semantica e sull'architettura dei sistemi che lo generano, il rischio è una conformità minimale: dati formalmente accessibili, ma difficili da interpretare; interfacce tecnicamente aperte, ma scarsamente utilizzabili; obblighi rispettati, ma valore limitato. In questo scenario, la norma viene percepita come un vincolo aggiuntivo piuttosto che come un abilitatore di innovazione.

Il Data Act, quindi, non fallisce per ciò che afferma, ma per ciò che necessariamente lascia fuori dal proprio perimetro. Senza un lavoro parallelo sulla progettazione delle macchine, sulla strutturazione dei dati e sulla condivisione dei significati lungo la filiera, la regolamentazione rischia di inseguire il problema anziché risolverlo, cristallizzando pratiche difensive invece di favorire nuove forme di collaborazione industriale.

➔ **ASIMMETRIA DI CAPACITÀ, NON SOLO DI POTERE**

Un ulteriore limite strutturale dell'approccio normativo è l'assunzione implicita che l'accesso al dato coincida con la capacità di utilizzarlo. In realtà, la filiera industriale è caratterizzata da forti asimmetrie non solo di potere contrattuale, ma anche di competenze, strumenti e infrastrutture digitali. Rendere i dati formalmente accessibili non garantisce che tutti gli attori siano in grado di interpretarli, integrarli nei propri processi o trasformarli in valore operativo. In assenza di un lavoro condiviso su modelli, standard operativi e capacità analitiche, l'accesso al dato rischia di avvantaggiare principalmente chi dispone già di piattaforme, competenze e risorse adeguate, rafforzando indirettamente le stesse asimmetrie che la norma intende ridurre.

➔ **IL PROBLEMA DELLA 'CERTIFICABILITÀ' DEI SISTEMI ADATTIVI**

Il Data Act presuppone che sia possibile definire e verificare ex ante il comportamento di un sistema. Ma cosa succede se il modello si aggiorna? Oppure i parametri si adat-

A chi appartengono i dati?

tano? Se la pipeline dati si evolve? Se il sistema apprende?

La certificazione non può più limitarsi a validare uno stato, ma deve garantire un processo. Ecco che serve la tracciabilità del modello, un versionamento (versioning) continuo, la capacità di validare i digital twin e monitorare le conformità.

➡ PERCHÉ L'OBBLIGO NON GENERA COLLABORAZIONE

La collaborazione industriale non nasce da un obbligo, ma da un allineamento progressivo di interessi, obiettivi e significati. Quando la condivisione dei dati è imposta dall'esterno, senza che siano stati chiariti i casi d'uso, i benefici reciproci e i confini di responsabilità, il risultato non è cooperazione, ma una forma di adempimento difensivo.

Gli attori coinvolti tendono a fare il minimo indispensabile per essere conformi, limitando l'esposizione e riducendo al minimo la condivisione reale di valore. Questo comportamento non è irrazionale, né opportunistico, ma è una risposta sistemica a un contesto in cui la fiducia non è stata costruita a monte.

In assenza di obiettivi condivisi, la condivisione dei dati viene percepita come una concessione forzata, non come una leva strategica. Il dato diventa qualcosa da proteggere, filtrare, ritardare, piuttosto che un elemento su cui costruire nuove capacità comuni.

Il modello tradizionale cliente ➡ fornitore accentua ulteriormente questa dinamica. In questo schema, il valore viene scambiato in modo puntuale: una macchina viene venduta, un servizio viene erogato, una responsabilità viene trasferita.

La collaborazione è limitata nel tempo e nello scopo, e difficilmente si estende alla condivisione strutturata di informazioni strategiche. Tentare di superare questo modello per via normativa significa chiedere a un sistema progettato per la transazione di comportarsi come un sistema orientato alla partnership. Il passaggio necessario è invece di natura paradigmatica.

La collaborazione sui dati richiede di spostarsi dalla vendita di macchine alla co-progettazione di sistemi; dalla protezione difensiva delle informazioni alla definizione condivisa dei contesti d'uso; dalla gestione dei conflitti a posteriori alla progettazione congiunta delle architetture fin dall'origine. Questo implica che le macchine vengano pensate per generare dati interpretabili, che i dati vengano strutturati in funzione degli obiettivi comuni e che i benefici della condivisione siano chiari e distribuiti lungo la filiera. Iniziative come i gruppi di lavoro settoriali orientati a casi d'uso concreti mostrano che la collaborazione diventa possibile quando gli attori condividono non solo i dati, ma anche il significato di quei dati e le regole del loro utilizzo. In questi contesti, la fiducia non è il punto di partenza, ma il risultato di un processo di chiarificazione tecnica, organizzativa e semantica.

Il Data Act può creare condizioni minime di equilibrio, riducendo le asimmetrie più evidenti e prevenendo abusi. Tuttavia, non può sostituirsi a questo processo di maturazione industriale. Senza un ripensamento dei modelli di relazione e senza una progettazione condivisa dei sistemi che generano i dati, l'obbligo rischia di cristallizzare comportamenti difensivi anziché favorire la nascita di nuove forme di collaborazione.

➔ IL LIMITE STRUTTURALE DELLA RISPOSTA NORMATIVA E VIA D'USCITA

Il limite principale del Data Act non risiede nella sua formulazione, né nella legittimità dei suoi obiettivi, ma nelle aspettative che inevitabilmente vi vengono proiettate. La norma interviene in un contesto in cui la fiducia industriale si è già deteriorata, cercando di ristabilire un equilibrio attraverso diritti, obblighi e divieti. Tuttavia, nessuna regolamentazione può ricostruire una fiducia che si è persa a causa della mancanza di un linguaggio condiviso e di una comprensione comune dei sistemi che si intendono governare.

Il Data Act può prevenire gli abusi più evidenti e ridurre le asimmetrie più gravi tra gli attori della filiera. Può rendere il conflitto più trasparente e, in alcuni casi, più gestibile.

A chi appartengono i dati?

Ma non può, da solo, generare collaborazione autentica né allineamento strategico. La fiducia non è un attributo che possa essere imposto per legge: è una proprietà emergente di sistemi che condividono obiettivi, significati, responsabilità e criteri di interpretazione. Il problema, quindi, non è normativo in senso stretto, ma architeturale.

La vera sfida si colloca a monte della regolamentazione e riguarda il modo in cui le macchine vengono progettate, i dati vengono generati, classificati e contestualizzati, e gli obiettivi vengono definiti lungo la filiera prima ancora che sorga il conflitto. Senza questo lavoro preliminare, la norma è costretta a intervenire ex post, tentando di correggere effetti che hanno origine molto prima della dimensione giuridica.

Progettare sistemi industriali capaci di generare fiducia significa rendere esplicito il significato dei dati che producono, e non solo garantirne l'accessibilità o il formato. Significa chiarire quali dati sono rilevanti, in quale contesto possono essere interpretati, con quali limiti e per quali finalità. Significa, inoltre, progettare le architetture digitali in modo tale che la condivisione dei dati non sia un'eccezione regolata, ma una possibilità naturale, sicura e comprensibile per tutti gli attori coinvolti. In questo senso, la via d'uscita non passa da un indebolimento della regolamentazione, ma dal suo riposizionamento.

La norma può tornare a essere uno strumento di supporto all'innovazione solo se si appoggia a una base tecnica e semantica solida, costruita attraverso standard operativi condivisi, iniziative settoriali orientate ai casi d'uso e modelli di collaborazione progettati fin dall'origine. Dove questa base esiste, la regolamentazione rafforza il sistema; dove manca, la regolamentazione rischia di sostituirsi impropriamente a ciò che dovrebbe precederla. In questa prospettiva, il Data Act appare per ciò che realmente è: un passaggio necessario, ma non risolutivo. Non il punto di arrivo di una politica industriale sui dati, ma il segnale che il sistema ha raggiunto un livello di complessità tale da non poter più essere governato senza ripensare profondamente il modo in cui tecnologia, organizzazione e linguaggio si intrecciano. Solo ricostruendo questa


grammatica comune sarà possibile trasformare la regolamentazione da surrogato della fiducia a suo naturale complemento.

→ LA DIMENSIONE TEMPORALE DELLA REGOLAMENTAZIONE

In questo senso, il Data Act interviene in una fase in cui la trasformazione tecnologica della fabbrica è già avanzata. Dati, architetture digitali e modelli di business si sono affermati più rapidamente della capacità del sistema industriale di dotarsi di una grammatica condivisa per governarli.

La regolamentazione arriva quindi in ritardo rispetto alla velocità del cambiamento, cercando di stabilizzare relazioni e pratiche che si sono già consolidate in modo disomogeneo. Questo scarto temporale rafforza l'idea che il nodo centrale non sia normativo, ma progettuale e culturale, e che la norma possa svolgere un ruolo efficace solo se supportata da un'evoluzione parallela delle architetture tecniche e dei modelli di collaborazione.

→ CONCLUSIONI

Il Data Act rende esplicito ciò che per anni è rimasto implicito: i dati industriali non sono più un sottoprodotto neutro della macchina, ma un elemento centrale nella distribuzione del valore lungo la filiera. L'OEM ha bisogno dei dati reali per migliorare prodotto e servizio, mentre l'utilizzatore li reclama per ottimizzare la propria produzione e per integrare strumenti e piattaforme, ma entrambi temono che l'altro possa trasformare quei dati in una leva di potere contrattuale o competitivo. La norma interviene per ridurre asimmetrie e prevenire abusi, ma non può sostituire ciò che manca a monte: una grammatica condivisa e un modello di collaborazione progettato, non improvvisato. In questa prospettiva, il Data Act è un passaggio necessario ma non risolutivo. Può rendere il conflitto più governabile, ma non può trasformarlo automaticamente in partnership. Il salto richiede un cambio di paradigma: dalla logica cliente  fornitore alla co-progettazione di sistemi data-ready, dalla gestione difensiva delle informazioni alla definizione ex ante di obiettivi, casi d'uso, confini di responsabilità e criteri di tutela del valore creato.

DAL REGOLAMENTO AL MERCATO: QUANDO LA NORMA DIVENTA POLITICA INDUSTRIALE

Il Data Act non può essere compreso appieno se viene letto esclusivamente come un intervento regolatorio sul tema dell'accesso ai dati. La sua portata reale va oltre la dimensione giuridica e investe direttamente il modo in cui l'Europa interpreta il proprio ruolo nel rapporto tra tecnologia, mercato e innovazione. In questo senso, il Data Act rappresenta uno snodo critico, ma una norma che, pur non dichiarandolo esplicitamente, assume i contorni di una scelta di politica industriale.

Nel tentativo di correggere asimmetrie e ricostruire fiducia lungo la filiera, la regolamentazione interviene in un contesto in cui i mercati digitali e industriali sono già fortemente strutturati, spesso da attori extra-europei.

L'accesso ai dati, la loro portabilità e la possibilità di riutilizzo vengono presentati come leve per stimolare concorrenza e innovazione. Tuttavia, come emerso nel capitolo precedente, l'accesso formale al dato non coincide automaticamente con la capacità di trasformarlo in valore economico e industriale. Qui emerge il primo elemento del dilemma europeo. Da un lato, la regolamentazione tenta di compensare l'assenza di grandi piattaforme industriali e digitali native europee, cercando di riequilibrare il campo di gioco attraverso diritti e obblighi. Dall'altro lato, però, rischia di intervenire su un sistema che non dispone ancora delle infrastrutture tecniche, delle architetture condivise e delle competenze diffuse necessarie per trasformare l'accesso in innovazione reale. In assenza di questi elementi, la norma rischia di produrre un mercato formalmente più aperto, ma sostanzialmente più fragile. La questione diventa allora inevitabilmente politica, nel senso più ampio del termine.

Ogni regolamentazione che incide sulla circolazione dei dati industriali influenza la distribuzione del valore lungo la filiera, la struttura dei mercati e le condizioni di ingresso per nuovi attori. Stabilire chi può accedere ai dati, a quali condizioni e con quali limiti signifi-

ca, di fatto, intervenire sui modelli di business possibili. In questo senso, il Data Act non si limita a correggere fallimenti del mercato, ma contribuisce a definirne implicitamente la forma. Il rischio strutturale, già intravisto nel capitolo sul Data Act, è che la regolamentazione finisca per anticipare il mercato anziché accompagnarlo.

Quando le regole arrivano prima che esistano architetture condivise e pratiche consolidate, la norma tende a essere interpretata in chiave difensiva, ovvero tramite:

- *conformità minimale,*
- *adempimenti formali,*
- *riduzione del rischio legale.*

In questi contesti, l'innovazione non viene accelerata, ma rallentata, perché l'energia degli attori si concentra sulla gestione del vincolo anziché sulla creazione di valore. Allo stesso tempo, l'assenza di regolamentazione non è una soluzione praticabile. I conflitti descritti nel Capitolo 2 dimostrano che il mercato, lasciato a sé stesso, non è stato in grado di risolvere il problema della fiducia, né di costruire spontaneamente un linguaggio comune sui dati industriali. L'intervento normativo nasce proprio da questo fallimento. Il dilemma europeo, quindi, non è tra regole e mercato, ma tra regole che abilitano il mercato e regole che cercano di sostituirlo. È in questo spazio di tensione che emerge la specificità europea.

L'Europa tende storicamente a intervenire ex post, quando i mercati sono già maturi o dominati, utilizzando la regolamentazione come strumento di riequilibrio. Questo approccio ha prodotto risultati importanti in termini di tutela, sicurezza e diritti, ma mostra i suoi limiti quando viene applicato a contesti tecnologici in rapida evoluzione, come quelli data-driven e basati su AI.

Qui, la regolamentazione non può limitarsi a fissare confini, ma deve confrontarsi con la necessità di costruire le condizioni di possibilità del mercato stesso. In questo senso, il Data Act può essere letto come un segnale di una transizione incompiuta. Da un lato, riconosce che i dati industriali sono una risorsa strategica e che la loro concentrazione

può generare squilibri. Dall'altro, però, non affronta direttamente il tema di come l'Europa intenda sviluppare un ecosistema industriale capace di competere sulla base di quei dati. Senza una strategia che integri regolamentazione, standard tecnici, infrastrutture condivise e modelli di collaborazione, la norma rischia di restare un intervento correttivo, non generativo. Questa ambiguità prepara il terreno al dilemma che attraversa l'intera politica europea dell'innovazione, ovvero:

- come promuovere mercati aperti e competitivi senza disporre di piattaforme industriali forti,*
- come tutelare gli attori più deboli senza disincentivare chi investe,*
- come garantire fiducia e sicurezza senza congelare l'evoluzione tecnologica.*

È a partire da questo quadro che diventa necessario interrogarsi sul rapporto tra regole e mercati, e sul ruolo che l'Europa intende giocare nel guidare oppure rincorrere l'innovazione.



Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

Regolamentazione, Competizione,
Scenari Globali per gli OEM Europei

Autori: **F. Milan, O. Lucia**

➔ INTRODUZIONE

L'Europa sta vivendo una trasformazione profonda: mentre la tecnologia accelera, la sua regolamentazione tenta di orientarla, renderla responsabile, spesso con il solo risultato di contenerla e ridurne le vere potenzialità. Questo documento esplora la tensione crescente tra innovazione e normativa, mettendo in luce ciò che spesso rimane fuori dalla narrazione ufficiale.

Stati Uniti, Cina ed Europa adottano modelli radicalmente diversi: chi punta sulla rapidità, chi centralizza e chi punta sulla responsabilità. Per i costruttori, così come per gli utilizzatori europei, soprattutto italiani, queste differenze non sono teoria, ma pratica quotidiana e possono portare a incertezza, ritardi competitivi, costi invisibili, rischi di immobilismo. Il testo mostra come l'Europa possa perdere terreno nel breve periodo ma, se ha capacità di trasformare i propri vincoli in metodo, può costruire una nuova forma di competitività basata su qualità, fiducia e sicurezza.

Le strategie proposte, innovazione compatibile, modularità tecnica, ecosistemi di fiducia e posizionamento premium, rappresentano un modo concreto per innovare senza sacrificare la responsabilità. Il futuro industriale europeo non appartiene a chi corre di più, ma a chi saprà mantenere in equilibrio velocità e sicurezza, trasformando la complessità normativa in identità industriale, senza mai trascurare la sana necessità di spendere in investimenti che guardano al futuro, per non rimanere completamente fuori dai giochi veri per il controllo e la gestione tecnologica. In questo i costruttori di macchine da soli, ovviamente, possono fare ben poco dato che si tratta di investire nella creazione dei presupposti per favorire l'innovazione primaria e non solo quella da essa derivata corrispondente alle sue sole possibili applicazioni.

➔ UNA FRATTURA SILENZIOSA NELL'INNOVAZIONE EUROPEA

C'è un momento in cui una scelta collettiva diventa un atteggiamento, un riflesso culturale prima ancora che normativo. L'Europa, negli ultimi decenni, ha sviluppato una

particolare forma di cautela tecnologica: non è un rifiuto del nuovo, ma la volontà di canalizzarlo entro regole condivise, standard precisi, responsabilità chiare. È un approccio maturo, quasi etico, che affonda le radici nel modello sociale europeo e in una concezione della tecnologia come bene pubblico e non come semplice acceleratore di mercato. Questo modello si evolve e l'industria europea attraversa una tensione che raramente viene discussa apertamente.

Le norme crescono, spesso si sovrappongono, e nel mentre la tecnologia accelera. I regolamenti definiscono nuovi obblighi che, per la complessità degli argomenti trattati non sono sempre chiaramente definiti. Spesso si tratta di linee guida per indirizzare, ma che, a causa di genericità intrinseche portano le imprese a dover inseguire interpretazioni per poter assicurare la conformità dei loro prodotti alle normative in essere. Mentre il legislatore europeo disegna nuovi quadri per la sicurezza, la responsabilità e la fiducia, la competizione globale sembra procedere su assi completamente diversi: quelli della velocità, dell'audacia e, talvolta, dell'imprudenza.

Si sta creando (o forse si è già fatta) una frattura che è silenziosa e impercettibile nella narrazione ufficiale, ma molto evidente nella vita quotidiana, come pure nella pratica di chi costruisce, integra, ingegnerizza e vende macchine e prodotti industriali. Ci si accorge che l'innovazione avanza, ma l'Europa avanza in modo diverso dagli altri.

Questa diversità assume molte forme che, nel caso delle applicazioni di intelligenza artificiale, si manifestano in ritardi nell'adozione di modelli e soluzioni più avanzati; attesa di avere standard armonizzati che faticano ad essere definiti; necessità di documentare, validare, certificare ogni funzione, ogni algoritmo, ogni interfaccia che incorpora intelligenza artificiale.

Il risultato è che nella pratica operativa si abbia la sensazione di essere sempre a metà strada, forse troppo avanti per far finta di niente ignorandola, o troppo indietro a chi ci ha creduto e l'ha sviluppato prima. Comunque, sempre legati a vincoli che ne limitano la sperimentazione.

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

Per chi, in Europa, sviluppa tecnologie per la (e nella) manifattura, questo non è un tema propriamente astratto. Decidere se introdurre o meno un modello predittivo, valutare se un sistema di visione basato su deep learning diventerà un elemento ad "alto rischio", comprendere se un aggiornamento software debba essere certificato ai sensi del 'Cyber Resilience Act', sono questioni ormai quotidiane. Non manca poi il doversi interrogare su quanto questa complessità incida sulla effettiva competitività del prodotto finale rispetto a quelli di concorrenti statunitensi o cinesi.

L'Europa sceglie la responsabilità, e questa scelta ha certamente un valore elevato, ma come ogni scelta anche questa ha dei costi. La domanda che ora ci si (im)pone è se il prezzo richiesto sia sostenibile dalle imprese europee, in un contesto globale che non applica gli stessi principi, né tantomeno gli stessi tempi.

➡ TRE MODELLI, TRE VELOCITÀ: USA, CINA, EUROPA A CONFRONTO

Ogni ecosistema industriale rispecchia la propria visione socio-tecnologica. Ciò che differenzia Stati Uniti, Cina ed Europa non è soltanto la capacità di innovare, ma la direzione e il ritmo scelti per farlo. La velocità, per esempio nel contesto dell'intelligenza artificiale, è tutto. Ciò che oggi appare all'avanguardia diventa, in pochi mesi, patrimonio comune, con la conseguenza di diventare già vecchio e obsoleto prima ancora di diventare maturo.

Analizzare questi tre modelli non significa stilare una classifica per il podio, ma comprendere le pressioni reali che un operatore europeo affronta ogni giorno mentre integra AI, dati e software nelle sue macchine e/o sistemi. È un confronto che rivela differenze profonde, derivate sicuramente da visioni antropologiche differenti

➡ STATI UNITI - LA VELOCITÀ COME (UNICA) REGOLA NON SCRITTA

Negli Stati Uniti, l'innovazione è prima di tutto un atto imprenditoriale. La regolamentazione arriva dopo (forse). È un sistema che accetta il rischio come componente natu-

rale del progresso e considera l'errore un prezzo accettabile per arrivare primi e garantirsi dei privilegi. Gli algoritmi, i prodotti, vengono testati direttamente sul mercato, con poca attenzione ai danni degli utenti consumatori. Le applicazioni industriali vengono sviluppate e distribuite senza una vera cornice normativa preventiva.

L'obiettivo non è la perfetta sicurezza, ma la massima accelerazione. In questa visione, non è la legge a determinare ciò che è possibile, ma la tecnologia a costringere a degli adattamenti di legge. Per un costruttore di macchine statunitense, questo significa poter incorporare sistemi di analisi predittiva, modelli di visione avanzati o componenti generativi in tempi rapidissimi. Ogni ciclo di sviluppo è più breve. Ogni esperimento può diventare prodotto. Ogni prodotto può essere aggiornato senza dover dimostrare a priori la conformità ad un corpus normativo vigente. La logica è semplice: prima il mercato, poi le regole.

→ CINA - L'INNOVAZIONE COME PROGETTO STRATEGICO NAZIONALE

La Cina affronta l'AI industriale con un pragmatismo radicale. La tecnologia, prima di essere un fenomeno, è una strategia. È una priorità geopolitica prima ancora di essere un settore tecnologico. Il risultato è un ecosistema che, facendo leva su investimenti strategici, integra ricerca, produzione e implementazione con una rapidità difficilmente (quasi impossibile) replicabile in Europa. Le imprese hanno accesso a dati in quantità enorme, investimenti strutturati, un apparato statale che indirizza e sostiene l'applicazione industriale dell'AI su larga scala. Se uno standard è necessario, viene imposto. Se un sistema deve essere adottato, viene implementato. Se un settore è considerato strategico, riceve risorse immediate. Non si tratta di deregolamentazione, si tratta di regolamentazione centralizzata e imposta che è orientata all'adozione rapida: la velocità non è un'opzione, è un dovere.

→ EUROPA - L'INNOVAZIONE COME EQUILIBRIO TRA PROGRESSO E RESPONSABILITÀ

In fine c'è l'Europa, un continente che, a differenza di USA e Cina, ha deciso di costruire

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

la propria identità industriale su un principio profondamente diverso: la fiducia. L'intelligenza artificiale non deve solo funzionare, deve essere equa, sicura e trasparente. Deve rispettare la dignità della persona, la sua privacy, e deve osservare i principi di conformità etica.

È una visione nobile e complessa da implementare e infatti nella pratica produce leggi sofisticate e anch'esse non semplici da applicare.

Si tratta di norme e regolamenti come:

- AI Act
- Data Act
- CRA
- VNIS2.

Tutte regole che trasformano la tecnologia in un insieme di requisiti, verifiche, audit e relative documentazioni da produrre per garantirne la corretta e completa applicazione. Un approccio che tutela il cittadino e protegge il sistema industriale da errori potenzialmente gravi. Ma, in un mercato globale, dove non tutti agiscono avendo le stesse regole, questa scelta introduce un rischio evidente: l'Europa viaggia a una velocità tecnologica inferiore rispetto ai suoi concorrenti. Non perché le imprese europee non siano capaci di innovare, ma perché devono dimostrare (prima ancora di sperimentare) che stanno operando nel modo corretto.

⇒ LE CONSEGUENZE PER UN COSTRUTTORE ITALIANO

Il costruttore italiano vive in mezzo a questa tensione. Da una parte, la necessità di mantenere la qualità, la sicurezza e l'affidabilità che da sempre caratterizzano i prodotti italiani. Dall'altra, la pressione dei competitor globali che introducono funzionalità AI in tempi rapidissimi e a costi più bassi.

Domande concrete a cui rispondere:

- quanto rallenta la nostra innovazione l'attesa di linee guida?
- quanto tempo perdiamo nella certificazione rispetto ai concorrenti?
- quante opportunità di mercato vengono dirottate altrove mentre noi sviluppiamo

enormi quantità di documentazione tecnica?

- quante funzionalità AI rimangono “in sospeso” per timore di ricadere nelle aree ad alto rischio?

È in questo divario, tra ciò che possiamo fare e ciò che siamo autorizzati a fare, che si gioca il futuro della competitività industriale italiana ed europea.

→ IL COSTO INVISIBILE DELLA CONFORMITÀ

C'è un aspetto della regolamentazione europea che raramente viene discusso, ovvero il suo costo. Non solo il costo fisico delle scelte di componenti adeguati e conformi, e neanche solo il costo formale, quantificabile in audit, ore di lavoro o consulenze, ma anche quello più profondo e meno visibile, che si manifesta nella forma del tempo, dell'energia organizzativa, dell'incertezza nel voler fare le scelte corrette. È il costo che non appare direttamente nei bilanci, ma che si riflette in ritardi competitivi, in scelte rimandate, in funzionalità, per esempio di AI, non implementate.

Ogni innovazione industriale è un equilibrio tra opportunità e rischio. Ogni regolamentazione è un equilibrio tra protezione e progresso. Quando questi due equilibri si incrociano, come nel caso dell'intelligenza artificiale, il punto di contatto genera inevitabilmente frizione. Il problema non è la frizione in sé, ma la sua quantità e la durata dell'inerzia da essa determinata. Per un costruttore di macchine, questo costo si manifesta su tre livelli distinti che, di conseguenza si ripercuotono in qualche modo anche sull'utilizzatore delle macchine. I tre livelli sono:

- **Il costo diretto della conformità**

Strutturazione di processi di verifica, i test di robustezza, valutazione del rischio, supervisione umana e produzione di notevoli quantità di documentazione tecnica. Assumere specialisti di AI compliance, di cybersecurity, di gestione dei dati. Interpellare consulenti esperti. Ogni requisito produce un'attività, e ogni attività richiede tempo. Sono parte di un investimento, certo oneroso, in qualche modo gestibile se ben applicato.

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

• Il costo indiretto

Qui si nasconde la parte più problematica. Si tratta dei mesi di ritardo tra l'ideazione e l'immissione sul mercato di un nuovo sistema. È l'attesa di linee guida che definiscano se un certo modello ricade o meno nell'alto rischio. È la necessità di ridisegnare un componente software perché una nuova interpretazione del regolamento ha modificato i criteri di valutazione. È la rinuncia, almeno temporanea, a una funzionalità di AI predittiva perché la sua classificazione normativa resta incerta. Questi costi non vengono fatturati, ma purtroppo vengono pagati. Si manifestano, per esempio, sotto forma di opportunità perse. Clienti che scelgono soluzioni già pronte di competitor più transigenti, progetti che slittano, innovazioni che restano nei laboratori anziché arrivare nelle macchine.

• Il costo psicologico e culturale

Potremmo chiamarlo "compliance fatigue". Non è affaticamento tecnico, ma strategico. È la sensazione che, prima ancora di innovare, sia necessario prevedere l'insieme delle regole future, temendo che ogni passo in avanti possa trasformarsi in un obbligo aggiuntivo, in un audit imminente, in una responsabilità non prevista. Questo fenomeno è particolarmente rilevante per tutte le aziende (PMI e grandi).

Ci si trova spesso a dover scegliere tra investire nell'innovazione o investire nella conformità e sempre più spesso la scelta ricade sulla seconda. Tra gli altri fattori di costo psicologico che viene pagato, non bisogna poi dimenticare la facilità con cui si possono generare fratture e incomprensioni nelle aziende tra chi, nel top management, rimane affascinato dalle mediaticamente decantate potenzialità di alcune tecnologie e chi nell'area tecnica si trova a dover giustificare la loro scarsa efficacia applicativa nel contesto in cui l'azienda opera.

Il costo invisibile della regolamentazione non è solo immediatamente economico, è anche competitivo, e comunque in termini economici lo si misurerà successivamente. Ogni mese perso in conformità è un mese guadagnato da qualcun altro con più ag-

gressività commerciale. Ogni funzionalità tecnologica (AI) ritardata è una funzionalità che un concorrente extraeuropeo può offrire come standard. Ogni incertezza interpretativa è uno spazio vuoto nel quale il restante mercato globale si insinua rapidamente. La domanda non è se la regolamentazione sia utile, perché certamente lo è, ma se il sistema industriale europeo possa sostenere questi costi in un contesto che non attende, non rallenta, non si allinea ai nostri tempi. È un bel dilemma!

➔ PARADOSSI EUROPEI: SE LA RESPONSABILITÀ RALLENTA IL PROGRESSO

Il paradosso dell'approccio europeo è semplice, e può essere riassunto in:

- per garantire sicurezza, rischia di generare immobilismo;
- per promuovere fiducia, rischia di ridurre la rapidità;
- per proteggere l'utente, rischia di mettere in difficoltà il produttore.

Ogni modello normativo propone soluzioni che per alcuni temi diventano 'border-line' e per questo possono facilmente generare delle implementazioni che portano a dei paradossi. È nella natura delle cose.

Questo non significa che il modello europeo sia di per sé sbagliato, ma sicuramente è strutturalmente diverso da quello dei suoi concorrenti e ogni differenza facilmente genera tensione. Le principali fonti di tensione che generano i paradossi sono:

- **Velocità normativa**

La tecnologia si muove con cicli di 6-12 mesi. I regolamenti europei si costruiscono nell'arco di 4-6 anni. Le linee guida richiedono ulteriori mesi. Gli standard armonizzati arrivano spesso in ritardo rispetto alle esigenze operative.

Il risultato è un inevitabile scollamento: ciò che la legge prova a normare appartiene già al "ciclo precedente" dell'innovazione. Nelle imprese, questo si traduce in una sensazione diffusa: si lavora sempre in anticipo sulla tecnologia, ma in ritardo sulla legge.

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

- **Standard europei**

Nati per proteggere il mercato interno e creare un linguaggio comune, rischiano di trasformarsi in vincoli rigidi nei settori ad alta velocità tecnologica. Quando uno standard è chiaro, aiuta. Quando è in discussione, quando viene aggiornato, quando non è armonizzato, diventa un ostacolo. In questo contesto, chi progetta e costruisce si deve muovere tra interpretazioni, note tecniche e raccomandazioni provvisorie. Si crea una zona grigia in cui è difficile avere certezze, ma comunque bisogna operare delle scelte, e nessuno vuole rischiare troppo, ma tutti devono comunque progettare e produrre.

- **Responsabilità collettiva**

Il mercato globale punta alla competizione individuale. L'AI Act richiede supervisione umana, robustezza, trasparenza, tracciabilità, ma se l'Europa costruisce queste garanzie, gli altri territori costruiscono prodotti. Ciò che qui è prudenza, altrove diventa lentezza. Ciò che qui è tutela del mercato e degli utilizzatori, altrove diventa vantaggio competitivo.

- **La figura stessa del produttore europeo**

Le norme spingono verso un modello in cui l'innovazione segue la conformità. Non esiste più un "innovare e poi verificare", ma diventa quasi un "verificare prima per poter innovare poi". È un rovesciamento culturale che non tutti i sistemi industriali sono in grado di assorbire senza rimanerne travolti e sicuramente non tutti possono allo stesso modo.

Per un costruttore, abituato a progettare con agilità, sperimentare sul campo, iterare rapidamente, questa trasformazione è impegnativa. Significa rivedere i processi, ridisegnare le responsabilità, introdurre cicli di documentazione che non appartenevano alla tradizione industriale precedente. Significa, in altre parole, ripensare la velocità dell'innovazione non a partire dalla tecnologia, ma a partire dalla norma. Proprio in questo paradosso si nasconde un'opportunità poco discussa: se l'Europa riuscirà a trasformare questi vincoli in un modello operativo efficiente, potrà creare una forma

di competitività nuova, non fondata sulla rapidità, ma sull'affidabilità delle soluzioni evolutive e certamente la produzione industriale europea potrebbe rimanere in continuità con la sua storia. Il problema a questo punto riguarderebbe i tempi e i modi di intervento, perché, mentre questo modello si costruisce, il mondo non aspetta.

➔ **SCENARI CONTROFATTUALI: EU SENZA REGOLE, EU CON REGOLE DIVERSE**

Ogni sistema normativo è una scelta. Ogni scelta esclude alternative. Ogni alternativa mai percorsa rappresenta un potenziale diverso, sia positivo che negativo, che rimane inesplorato. Per comprendere davvero il percorso europeo nell'intelligenza artificiale, e le sue implicazioni industriali, è utile invece esplorare i possibili mondi a cui abbiamo rinunciato, volontariamente o meno. Non si tratta di esercizi puramente accademici, sono scenari che parlano direttamente del presente, di ciò che l'Europa sarebbe potuta diventare, di ciò che ancora potrebbe diventare e di ciò che rischia di diventare, suo malgrado, se non affronta il ritmo dell'innovazione globale con una riflessione più profonda e un diverso atteggiamento.

➔ **EU SENZA AI-ACT: RAPIDITÀ O CAOS? E SE STESSIMO PERDENDO OPPORTUNITÀ?**

Immaginare l'Europa senza AI Act significa visualizzare un continente che lascia decidere al mercato ciò che oggi affida alle regole. In questo scenario, i costruttori di macchine potrebbero adottare modelli predittivi, sistemi di visione complessi e funzioni cognitive senza doversi preoccupare di classificare il rischio, documentare gli algoritmi o certificare ogni aggiornamento significativo. A prima vista, potrebbe sembrare un vantaggio: più libertà, meno complessità, maggiore velocità di sviluppo e di esecuzione. I time-to-market si accorcerebbero, la ricerca industriale si sposterebbe sul campo, e molti prodotti AI-enabled europei sarebbero i primi a raggiungere il mercato globale. Ma l'altra faccia di questo scenario è altrettanto chiara: l'Europa è un continente fram-

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

mentato in un insieme di Stati non sempre tra loro omogenei, in cui ogni produttore definisce autonomamente ciò che è "sicuro", ciò che è "etico", ciò che è "affidabile". Una condizione che ha frequentemente generato asimmetrie enormi:

- alcune aziende molto rapide, altre molto caute;
- alcune nazioni permissive, altre prudenti;
- alcuni prodotti innovativi e sicuri, altri pericolosi.

Senza l'AI Act, l'Europa avrebbe guadagnato in velocità, ma perso in coerenza. Avrebbe guadagnato in flessibilità, ma perso sul lato di fiducia e garanzie. Avrebbe guadagnato nell'anticipare i primi prototipi, ma perso un'identità comune e di principi.

➔ EU CON APPROCCIO USA: INNOVAZIONE PRIMA E REGOLE DOPO (FORSE)

In questo secondo scenario, l'Europa assume la logica che guida gli Stati Uniti: prima l'innovazione, poi la regolamentazione. I costruttori europei potrebbero sperimentare, integrare modelli generativi, adottare tecnologie a bordo delle macchine senza un processo di valutazione preventiva, con audit successivi e responsabilità limitate all'effettivo danno provocato. In questo mondo, le fabbriche europee potrebbero probabilmente introdurre soluzioni con AI molto più rapidamente.

La robotica collaborativa sarebbe più avanzata. Le macchine autonome avrebbero maggiore diffusione. La concorrenza tra produttori genererebbe soluzioni più audaci e prodotti più competitivi per il mercato globale. Ma a quale prezzo? La cultura europea della sicurezza, radicata in decenni di normative su salute, ambiente, lavoro, privacy, subirebbe un colpo durissimo. Gli incidenti tecnologici tenderebbero forse a ridurre la fiducia degli utenti, soprattutto in ambito industriale, dove l'interazione tra uomo e macchina è quotidiana. L'Europa guadagnerebbe competitività nel breve, ma rischiando di perderla nel lungo, sommersa da danni, richiami, contenziosi, interpretazioni disallineate e difficoltà di coordinamento. Guadagnerebbe in innovazione, ma perderebbe in stabilità.

→ EU CHE ALLENTA LE REGOLE: COMPROMESSO POSSIBILE, MA INSTABILE

Questo scenario è forse il più interessante: un'Europa che mantiene le proprie ambizioni etiche, ma semplifica, armonizza, accelera. È il caso in cui:

- gli standard tecnici arrivano prima
- le autorità riducono i tempi decisionali
- gli iter di certificazione diventano più chiari
- le imprese possono innovare sapendo di poter ottenere conformità in tempi ragionevoli.

È un'Europa più agile, più coesa, più vicina ai bisogni operativi dell'industria, ma anche questo scenario contiene un rischio. Se la regolamentazione diventa troppo flessibile, la fiducia può diminuire e se resta troppo rigida, la competitività può erodersi. Il paradosso europeo è proprio questo: la via di mezzo è la più desiderabile, ma anche la più difficile da realizzare.

→ EU CHE DIVENTA STANDARD GLOBALE: UN FUTURO POSSIBILE

L'Europa che non solo regola, ma guida. È ciò che è già accaduto con il GDPR, divenuto di fatto uno standard mondiale. Potrebbe accadere anche con l'AI Act. In questo modo i costruttori europei entrano per primi nell'era dell'"AI conforme". Le loro macchine diventano più costose, forse, ma anche più affidabili, più trasparenti, più richieste nei settori regolati come ad esempio: energia, farmaceutico, trasporti, robotica avanzata.

È uno scenario nel quale la competitività europea non deriva solo dalla velocità, ma soprattutto dalla qualità normativa e realizzativa. Quindi non dalla rapidità, ma dalla fiducia, non dal costo, ma dalla responsabilità. Tutto questo è possibile, ma richiede una cosa che oggi ancora non c'è: una regolamentazione realmente coordinata, veloce, operativa e più coesione tra gli Stati. Oltre alla coesione, aiuterebbe se ci fosse una

maggiore uniformità non solo nei regolamenti tecnici, ma anche nelle regole economiche e fiscali, utopia?

➔ IL TEMPO EUROPEO:

LENTEZZA STRUTTURALE E IMPATTO COMPETITIVO

C'è un aspetto della regolamentazione europea che colpisce più di ogni altro: il tempo. Non il tempo della tecnologia, ma quello della legge. La tecnologia evolve in cicli brevi, rapidi, quasi istantanei. La normativa evolve in cicli lunghi, complessi, multilivello. Questa distanza tra velocità non è un dettaglio: è il nodo centrale della competitività industriale dell'Europa.

Le leggi europee sono il risultato di consultazioni, negoziati, votazioni, recepimenti nazionali, interpretazioni delle autorità, elaborazione degli standard tecnici. Ogni passaggio ha un valore democratico, ma introduce ritardi strutturali che si ripercuotono direttamente sulle imprese. Per un costruttore di macchine, questi ritardi hanno tre conseguenze chiare:

- **perdita di continuità tecnologica**

Tra l'introduzione di una legge e la sua piena applicazione possono passare anni. In quel periodo, i produttori non sono né liberi di innovare senza vincoli, né certi su come innovare nel rispetto della norma. È una terra di mezzo che rallenta le decisioni, produce revisioni continue dei progetti e rende difficile pianificare investimenti in AI a lungo termine.

- **frammentazione interpretativa**

Ogni Paese Europeo può fornire linee guida diverse, ogni autorità può adottare un approccio differente, ogni organismo notificato può valutare le stesse funzioni con criteri non perfettamente allineati. In un mercato che aspira all'armonizzazione, questa asincronia genera esitazione e inefficienza.

- **perdita di vantaggio competitivo**

Quando uno standard arriva tardi, i concorrenti non europei hanno già implementato la tecnologia. Quando una norma viene chiarita a distanza di anni, altri mercati hanno già definito le proprie soluzioni. Così, mentre l'Europa consolida la sicurezza, gli altri consolidano il mercato.

La velocità non è solo un parametro tecnico, è un vantaggio economico. Il vero rischio, per l'industria europea, non è la regolamentazione in sé, ma la sua temporalità. Non è solo ciò che la legge impone, ma il ritmo con cui lo impone. Non è il contenuto delle norme, ma la distanza tra norma e innovazione. L'Europa, oggi, è chiamata a risolvere queste criticità strutturali.

Non per sacrificare la responsabilità, ma per salvaguardare la competitività. Non per rinunciare alla prudenza, ma per evitare che la prudenza diventi impossibilità.

Strategie per un'industria che deve innovare rallentando

Il dilemma europeo non è un semplice problema normativo, è una questione di identità industriale. L'Europa non può competere con gli Stati Uniti sulla velocità, né con la Cina sulla scala che, nel lungo, si traduce anch'essa in velocità. Non può rinunciare alla propria visione etica della sicurezza, della responsabilità e della tutela dell'utente e dell'ambiente. La vera domanda diventa la seguente.

Come può sviluppare un'industria che deve innovare rallentando?

Per un costruttore di macchine, la risposta deve essere operativa e pragmatica. L'obiettivo non è "aggirare" la regolamentazione, ma costruire un modello industriale che la consideri parte del processo creativo, non un ostacolo a posteriori col rischio di dover riconfigurare l'intero progetto, è un cambio di paradigma.

Innovazione compatibile: progettare con la norma, non rincorrerla. Serve una strategia che vada ad incidere sugli aspetti culturali e che consideri la regolamentazione non come un vincolo esterno, ma come uno dei pilastri di progettazione. L'AI Act, il

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

Data Act, il CRA e la NIS2 descrivono ciò che l'Europa ritiene necessario per garantire sicurezza e trasparenza. Invece di integrarli alla fine del ciclo di sviluppo, occorre farli entrare all'inizio, quando le idee sono ancora malleabili. Questa integrazione, definibile in termini di compliance by design, riduce le revisioni, accorcia i cicli di valutazione e permette di costruire sistemi più robusti. Richiede un nuovo equilibrio tra ingegneri, legali e specialisti di rischio, ma consente di trasformare la conformità in un vantaggio competitivo. Il prodotto finale, se ben orchestrato, non è solo innovativo, è credibile.

➔ ARCHITETTURE MODULARI: PROGETTARE NEL DUBBIO

La natura stessa delle macchine va inserita in un contesto in cui la tecnologia evolve rapidamente con una regolamentazione che procede lentamente, un modo per rimanere competitivi è costruire macchine modulari, aggiornabili, riconfigurabili con relativa semplicità. La modularità, uscendo da un puro concetto tecnico, deve quindi diventare una strategia in grado di abbracciare tecnica e normativa. Significa poter sostituire un modulo, aggiornare un componente software, isolare una funzione ad alto rischio senza dover riprogettare l'intera macchina. Significa mitigare l'incertezza normativa, inevitabile nei prossimi anni, con un design flessibile, capace di accogliere modifiche senza compromettere la conformità complessiva. Le macchine modulari acquisiscono così una forma di resilienza all'evoluzione normativa.

Approccio tradizionale	Nuovo paradigma europeo
Innovare ➔ verificare	Progettare con la conformità
Livelli	Funzioni distribuite
Segmentazione	Zero trust dinamico
Certificazione statica	Conformità continua

→ ECOSISTEMI DI FIDUCIA:

COLLABORARE PER POTER COMPETERE

Nell'industria europea, dove la complessità è elevata e le dimensioni aziendali sono spesso medie o piccole, nessuna impresa può affrontare la trasformazione da sola. Per quanto riguarda i passaggi normativi, servono consorzi, laboratori condivisi, reti di certificazione, sandbox regolamentari. Serve un ecosistema dove costruttori, integratori, software provider, università ed enti notificati possano creare ed utilizzare un linguaggio comune. Questa collaborazione riduce i rischi, accelera l'interpretazione delle norme e permette a più imprese di innovare su basi condivise. L'Europa funziona meglio quando costruisce standard insieme, non quando ognuno prova a decifrare le regolamentazioni o a sostituirle.

→ LA STRATEGIA PREMIUM: COMPETERE COSTRUENDO FIDUCIA, ATTRAVERSO SOLUZIONI SICURE E POI SUL PREZZO

La concorrenza globale non va combattuta sul prezzo di vendita della macchina. Oggi si gioca sulla qualità percepita, sull'affidabilità, sulla capacità di garantire continuità operativa e sicurezza dei dati. È in questo spazio che il costruttore europeo può trovare il suo ambiente ideale. Non deve offrire la macchina più economica, ma la macchina più affidabile, più sicura, più conforme. In un mondo che si muove molto velocemente e nel quale i dubbi sull'utilizzo (proprio e soprattutto improprio) di alcune tecnologie ce li hanno in molti, anche la Cina e gli USA saranno costretti ad inseguire questa parte del modello europeo, modello che può diventare così un riferimento internazionale.

La fiducia si trasforma in vero e proprio capitale competitivo e il costruttore europeo, se saprà gestirlo, potrà farlo diventare una firma distintiva.

→ CONCLUSIONI

In un certo senso, l'Europa si trova di fronte a una delle decisioni più delicate della sua storia industriale recente. Da un lato c'è la volontà di guidare la trasformazione digitale

Tra regole e mercati, il dilemma europeo dell'innovazione

attraverso principi chiari, regole condivise, responsabilità diffuse. Dall'altro c'è un mercato globale che corre in una direzione diversa, spesso più rapida, talvolta più rischiosa. Il punto non è scegliere tra innovazione e regolamentazione, il punto è riconoscere che ogni scelta, per essere efficace, deve essere coerente con il mondo in cui si vive.

Qui va sottolineato come ci siano distinzioni importanti di cui tenere conto quando si parla delle nuove tecnologie. Nello specifico, l'intelligenza artificiale non è una tecnologia come le altre, è un catalizzatore e un acceleratore, ma soprattutto un moltiplicatore o addirittura un esponenziatore, nel bene e nel male, di risultati. Proprio per questo è necessario prestare molta attenzione al modo con cui questa tecnologia viene maneggiata. Inoltre, è necessario un livello di consapevolezza nella sua gestione che solo con un sistema normativo avanzato e maturo può essere garantito. Ma c'è anche un'altra accortezza da prestare, legata alla velocità di intervento richiesta, che solo un sistema industriale dinamico può sostenere.

Relativamente alle fasi di sviluppo e di adozione tecnologica, l'Europa ha scelto la responsabilità. È un'impostazione coscienziosa e condivisibile, alla condizione che si accompagni, per tutti gli aspetti applicativi, alla necessaria garanzia di rapidità d'intervento. Ovvero bisogna evitare che la prudenza si trasformi in perdita competitiva. Per i produttori europei questa sfida non è puramente teorica, è una sfida concreta e quotidiana perché riguarda le decisioni su quali tecnologie adottare, su come progettare, su come certificare, su come aggiornare. Riguarda il modo in cui l'industria interpreta il futuro. Futuro che non deve appartenere a chi innova senza regole, ma che neanche può appartenere a chi, pur avendo le regole, non è in grado di innovare.

Il futuro appartiene a chi sa mantenere in equilibrio queste due forze, trasformando la complessità in valore, la responsabilità in competitività, la lentezza in affidabilità. In questo gioco di equilibri i produttori europei possono trovare il proprio spazio. Non per forza correndo più veloce degli altri, ma essendo anche capaci di far meglio di chiunque altro.

Una *innovisione* per l'Europa

Più infrastrutture, ricerca e innovazione, non solo
norme per regolare innovazioni altrui

Autori: **O. Lucia, F. Milan**

➔ INTRODUZIONE

È su un equilibrio instabile, tra regolamentazione e dinamiche di mercato, che si innesca il dilemma europeo dell'innovazione. Capire se le regole possano diventare uno strumento di costruzione del mercato o se rischiano di sostituirlo proprio laddove sarebbe più necessario farlo emergere.

Nel panorama europeo attuale, l'intelligenza artificiale si sta manifestando come una delle sfide più complesse e decisive per il futuro del continente in generale ed in particolare in ambito industriale.

Nel dibattito, l'Europa si concentra spesso sulla regolamentazione, ma molto meno pone l'accento su un aspetto che invece è cruciale: la necessità di investire nelle infrastrutture, nella ricerca e nella costruzione di una visione tecnologica e digitale di lungo periodo. In altre parole, non basta innovare, occorre creare le condizioni perché l'innovazione possa davvero svilupparsi e permeare la società e l'industria.

Il rischio non è che l'Europa regoli troppo, il rischio è che regoli senza costruire.

Senza infrastrutture, ricerca e piattaforme industriali proprie, la regolamentazione diventa un meccanismo di finta protezione che nasconde la verità di una cruda dipendenza tecnologica.

➔ IL PARADOSSO EUROPEO: TANTE REGOLE, POCHI STRUMENTI

L'Europa degli ultimi decenni si è distinta per la sua capacità di implementare regole, definire principi e qualche volta anche di immaginare scenari futuri. Tuttavia, questa abilità regolatoria non sempre si traduce in una capacità tecnologica concreta di sviluppare e innovare. È come se sapesse perfettamente come dovrebbero essere fatti "i migliori prodotti del futuro", ma si dimenticasse dell'ecosistema necessario per produrli: fabbriche, materiali, piattaforme industriali e, non ultimo, le competenze. E, ancora più grave, è che si dimentica che ogni prodotto e ogni ciclo industriale hanno

delle durate che non sono eterne. Queste distanze tra regolamentazione e produzione e tra prodotti e cicli produttivi generano un paradosso: l'Europa detta le regole, migliora qualsiasi tipo di prodotto, ma non è in grado di creare gli strumenti fondamentali per le evoluzioni dei suoi modelli produttivi, con il risultato di diventare dipendente da chi quegli strumenti li produce e di fatto li impone. La conseguenza è che l'aspetto regolatorio rimane solo una soluzione tampone, che può essere definita di secondo livello.

Il problema strutturale più profondo dell'Europa risiede dunque nella sua difficoltà a sviluppare una visione realmente lungimirante che guardi oltre quello che già c'è. Troppo spesso manca il coraggio o la capacità di immaginare scenari nuovi, diversi da quelli attuali. La tendenza prevalente è quella di intervenire sull'esistente, perfezionando ciò che c'è, anziché anticipare e creare ciò che ancora manca. Questa limitata capacità di proiezione nel futuro frena l'audacia dell'innovazione europea e rende difficile la possibilità di pensare ciò che ancora non c'è e quindi di sfruttare l'effetto di giocare in anticipo. Poi, pur non facendo da battistrada, non sempre riesce a cogliere per tempo i principali risvolti che le grandi trasformazioni tecnologiche determinano, rimanendo invischiata in ragionamenti e percorsi che, sebbene tendenzialmente sani, non si riescono a perfezionare in termini temporali adeguati alle necessità.

Se vogliamo, il vero paradosso, soprattutto nel settore produttivo e industriale, risiede nel fatto che l'Unione Europea è stata pioniera nel riconoscere l'importanza di affrontare la trasformazione tecnologica e digitale pensando all'integrazione di interi sistemi di filiera e settori produttivi. Basti pensare che il concetto di Industria 4.0 è nato in Europa, in particolare in Germania tra il 2010 e il 2011, anticipando chiunque altro, tanto che Stati Uniti e Cina solo successivamente hanno avviato percorsi analoghi riconoscendone la necessità. Successivamente alla Germania, anche gli altri principali Paesi Europei hanno seguito questa strada. Tuttavia, il limite maggiore al raggiungimento del valore che si sarebbe potuto ottenere è stato forse quello di avviare, all'interno dell'UE, processi di trasformazione separati ed in modo completamente frammentato,

senza un vero coordinamento volto a tutelare gli interessi generali comuni e, soprattutto, il futuro del continente, avendo invece, ogni singolo Stato, preferito favorire lo sviluppo di singole filiere nazionali a discapito di una strategia europea condivisa.

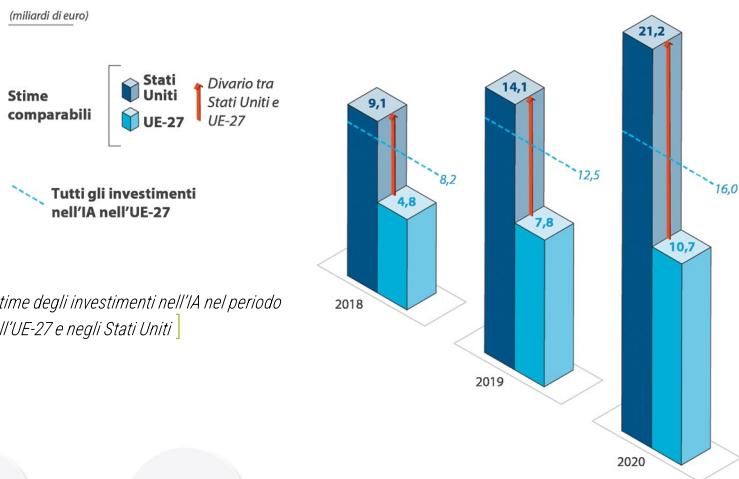
➔ RELAZIONE SPECIALE 08/2024 - CORTE DEI CONTI EUROPEA

Queste sono constatazioni che trovano anche conferma nei documenti presentati dagli stessi organismi ufficiali europei. Infatti, riprendendo la parte conclusiva della "Relazione speciale 08/2024: Le ambizioni dell'UE in materia di intelligenza artificiale – Per il futuro, una governance più forte e investimenti più consistenti e mirati sono essenziali." redatta dalla Corte Dei Conti Europea, riporta:

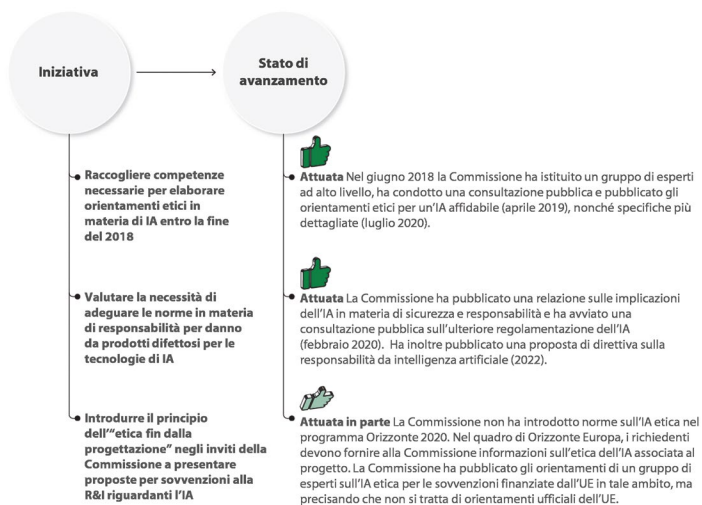
<< L'adozione delle tecnologie di intelligenza artificiale (IA) determinerà probabilmente il futuro andamento dello sviluppo economico dell'UE. Nel 2018, la Commissione europea ha adottato un piano coordinato con gli Stati membri, aggiornato nel 2021, per aumentare gli investimenti nell'intelligenza artificiale e adattare il quadro giuridico. La Corte ha valutato se l'attuazione da parte della Commissione di tale quadro fosse efficace. Ha riscontrato che le azioni della Commissione riguardavano dimensioni significative importanti per lo sviluppo di un ecosistema dell'UE per l'intelligenza artificiale. Tuttavia, al momento dell'audit, le numerose azioni (molte delle quali ancora in corso) avevano un effetto limitato nello sviluppo di un ecosistema dell'IA dell'UE e non hanno accelerato gli investimenti nel settore a un ritmo paragonabile a quello dei leader mondiali. Le misure della Commissione e quelle nazionali non sono state coordinate in modo efficace, in quanto la Commissione non disponeva degli strumenti di governance e delle informazioni necessari. La Corte raccomanda alla Commissione di rivalutare il valore-obiettivo dell'UE concernente gli investimenti a favore dell'IA e il modo in cui gli Stati membri potrebbero contribuirvi; di valutare la necessità di uno strumento di sostegno al capitale più concentrato sull'IA; di rafforzare il coordinamento e il monitoraggio e intensificare il sostegno allo sfruttamento dei risultati nell'UE. >>

Sempre nella Relazione speciale 08/2024 è possibile trovare dei grafici che sono sufficientemente esplicativi del quadro degli investimenti europei, sempre tenendo in men-

te che l'analisi è stata presentata ad Agosto 2024 e rappresenta una situazione aggiornata a qualche mese prima. Nel frattempo, sono passati un altro paio d'anni che, al ritmo evolutivo corrente per le tecnologie AI, equivale ad almeno un'era geologica e non ci sono stati dei cambiamenti migliorativi.

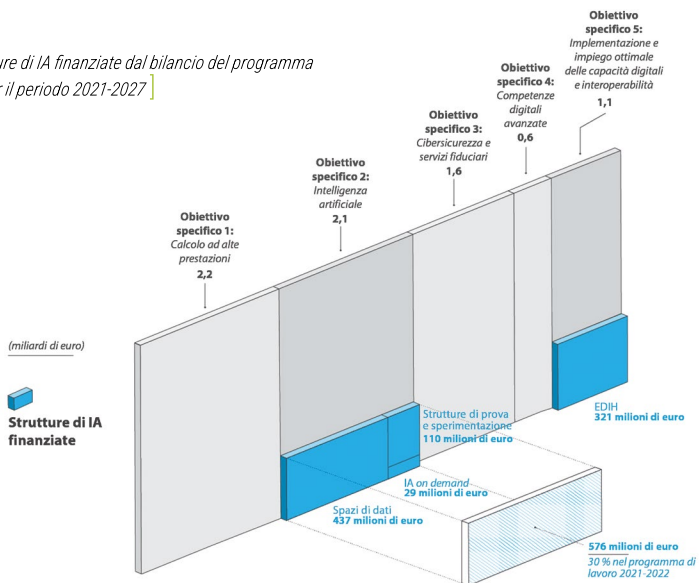


[Figura 1 - Stime degli investimenti nell'IA nel periodo 2018-2020 nell'UE-27 e negli Stati Uniti]



[Figura 2 - Iniziative della Commissione volte a istituire un quadro prevedibile ed etico per l'IA]

Figura 3 - Strutture di IA finanziate dal bilancio del programma Europa digitale per il periodo 2021-2027



➔ REGOLAMENTARE SÌ, MA NON BASTA

La regolamentazione è indispensabile per garantire qualità, sicurezza e sostenibilità nell'uso delle tecnologie emergenti, ma può essere sufficiente? Una buona regolamentazione migliora la qualità delle tecnologie e dei prodotti in cui queste vengono applicate, ma solo la ricerca e il loro sviluppo le rende funzionalmente efficaci. L'Europa è forte nella definizione dei principi, ma debole nella costruzione delle piattaforme e delle infrastrutture di supporto. È rigorosa nel normare le applicazioni, ma fragile nello sviluppo dei fondamenti. È autorevole nell'immaginare il futuro, ma lenta nel finanziare ciò che lo rende concreto. L'Europa può funzionare solo se diventa un'entità unica che crede e ha fiducia in sé stessa, perché solo così potrà essere determinante in un mondo in cui troppi giganti, con pochi principi etici, dettano le loro regole.

→ I PREREQUISITI PER L'INNOVAZIONE

Per recuperare terreno e garantire una vera autonomia tecnologica, l'Europa deve investire non solo nelle applicazioni, ma soprattutto nei seguenti prerequisiti dell'innovazione.

- Infrastrutture di calcolo e supercalcolo: senza una base tecnologica avanzata, la ricerca e lo sviluppo rimangono limitati.
- Centri di ricerca sovranazionali dedicati all'AI industriale: la collaborazione tra Stati membri è essenziale per raggiungere massa critica e competenze trasversali.
- Filiere dei semiconduttori e dei materiali critici: il controllo su questi elementi strategici determina la capacità di innovare autonomamente.
- Programmi long-term di deep-tech e robotica avanzata: solo con una visione di lungo periodo si possono affrontare le sfide globali.
- Laboratori pubblico-privati: luoghi dove università e imprese possano condividere rischi e prototipi, accelerando il trasferimento tecnologico.
- Percorsi di formazione avanzata: investire nelle discipline matematiche e ingegneristiche per formare la nuova generazione di innovatori.
- Sistemi di finanziamento per la ricerca precompetitiva: non solo sostenere le start-up, ma anche la ricerca fondamentale che precede l'applicazione commerciale.

Questi prerequisiti possono essere organizzati in tre livelli:

INFRASTRUTTURA Calcolo, semiconduttori, data center, cloud industriali	ECOSISTEMA Laboratori condivisi, consorzi, standard aperti	CULTURE Formazione, STEM, integrazione tra ricerca e industria
---	---	---

Senza una integrazione di questi tre livelli, la regolamentazione rimane un intervento superficiale.

Tutto quanto sopra elencato è stato già formalmente riconosciuto dall'Europa come necessità fondamentali per poter crescere e garantirsi un ruolo primario, e non solo da gregario, nell'evoluzione del nostro pianeta. Ma il tempo passa inesorabilmente

e le parole devono velocemente essere trasformate in fatti e azioni concreti. Forse bisogna anche rivalutare se i meccanismi finora usati siano effettivamente efficaci per portare avanti un progetto così ambizioso: in tanti casi i soldi vengono anche stanziati e spesi, ma qualche dubbio sul fatto che i risultati siano validi, efficaci e capaci di incidere significativamente rimane.

➔ IL RUOLO DELL'INDUSTRIA E LA NECESSITÀ DI SUPPORTO

Spesso si chiede agli imprenditori di investire e rischiare senza fornire loro il supporto necessario. Da soli non possono colmare un vuoto strategico che riguarda l'intero continente. L'industria può correre, ma solo se qualcuno costruisce la pista, fornisce le attrezzature e finanzia i centri di allenamento. Con una metafora "correre veloci scegliendo le scarpe giuste non significa aver ideato le scarpe", l'Europa è nella posizione di saper scegliere e/o adattare le scarpe per correre, forse meglio di chiunque altro, ma queste sono state pensate da altri. L'Europa manca oggi di strumenti e dimensioni adatti per pensare a nuove soluzioni per la corsa, rimanendo con la metafora.

➔ STRATEGIE PER LA COMPETITIVITÀ E AUTONOMIA TECNOLOGICA

Nel momento in cui molti Paesi Europei stanno aumentando le spese per la difesa, sarebbe altrettanto strategico destinare risorse a ciò che difende la competitività nel lungo periodo: infrastrutture scientifiche, laboratori avanzati, reti di innovazione, programmi di ricerca fondamentali. Non si tratta di sostituire la difesa, ma di integrarla, difendendo la tecnologia e prevenendo l'irrelevanza. Investire nella ricerca significa evitare di trovarsi in una posizione di dipendenza e debolezza.

La significatività tecnologica non nasce dal regolamento, ma dall'ingegneria: dalla capacità di costruire ciò che gli altri ancora non hanno. Senza un ecosistema che sostenga la ricerca e l'innovazione, e soprattutto senza la capacità di immaginare futuri

alternativi all'esistente, l'Europa rischia di restare il luogo che definisce gli standard, ma non quello che guida il futuro. È tempo di investire in ciò che conta davvero, di costruire le fondamenta per una leadership digitale europea.

Per una molteplicità di motivi, appare ormai difficile, se non improbabile, che l'Europa possa sviluppare aziende realmente concorrenti rispetto ai principali attori internazionali nel campo dell'intelligenza artificiale, che sono prevalentemente statunitensi, ma anche cinesi. Sul piano delle dimensioni e della capacità di incidere a livello globale, ciò che è stato realizzato negli Stati Uniti nell'arco degli ultimi trent'anni, così come i rilevanti progressi compiuti dalla Cina negli ultimi due decenni, costituiscono un vantaggio competitivo difficilmente colmabile nel breve e medio termine.

Nonostante questo scenario non troppo confortante, è fondamentale non interpretare tale ritardo come una condanna definitiva o una giustificazione per non agire. Al contrario, questo livello di consapevolezza può e deve rappresentare uno sprone per l'Europa per lavorare nello sviluppo di una strategia di lungo periodo, orientata non tanto a replicare modelli preesistenti, ipotesi comunque da non scartare a priori, quanto piuttosto a costruire le fondamenta di una nuova leadership digitale, fondata sia sulla capacità di utilizzare al meglio i modelli esistenti, ma soprattutto di elaborare soluzioni nuove e originali esplorando percorsi alternativi che siano in grado di integrare quei principi etici e di eguaglianza che non trovano facile dimora nei modelli non europei. Sebbene, anche in ambito nordamericano, qualcuno abbia già cominciato a guardare secondo un'angolazione meno concentrata sul solo profitto e sul dominio del mercato e culturale. Già in passato, negli USA, si sono viste aziende che dichiaravano di agire secondo principi ed impostazioni non esclusivamente profit driven, ma nel tempo si è potuto chiaramente capire come quelle dichiarazioni di intenti fossero effettivamente solo teoriche. Proprio per questo l'Europa dovrebbe guidare in una direzione che fattualmente mantenga i principi autentici e non li enunci soltanto.

In quest'ottica, è imprescindibile avviare investimenti mirati nella ricerca di base,

Una *innovisione* per l'Europa

nell'innovazione tecnologica e nella formazione avanzata, sviluppando un ecosistema in grado di sostenere la nascita e la crescita di imprese d'avanguardia. Non concentrare tutto sull'ambizione, che potrebbe rivelarsi solo illusoria, di rincorrere i giganti già affermati del settore, può consentire all'Europa di concentrarsi sull'identificazione di nuove aree di eccellenza, promuovendo una cultura della sperimentazione e del rischio calcolato (e qualche volta anche no), indispensabile per alimentare la competitività nel lungo periodo.

Attraverso un impegno condiviso tra istituzioni, mondo accademico e settore industriale, che accompagnano la visione lungimirante, sarà possibile gettare le basi per una leadership europea realmente innovativa.

CONCLUSIONI

Se l'Europa non si impegna nel creare le condizioni fondamentali per stimolare l'innovazione, attraverso gli investimenti in infrastrutture, ricerca e formazione, rischia di perdere completamente e definitivamente il passo, restando alla mercè di altri attori, che meno si pongono questioni etiche e di responsabilità, con il risultato di essere confinata nel giro di pochissimo tempo nella totale irrilevanza tecnologica, che, a seguire, potrebbe comportare pesantissime conseguenze anche di tipo economico e sociale. Solo un impegno deciso e condiviso, accompagnato dalla capacità di guardare con coraggio oltre ciò che già esiste, potrà trasformare la UE da mero regolatore di cose fatte da altri a protagonista dell'innovazione globale. Le potenzialità teoriche ci sono tutte, serve una forte volontà nel credere di potercela fare, con il convincimento e la partecipazione di tutti. Solo così si potrà ridare slancio e soprattutto sostanza ad un'innovazione in chiave europea.



FONTI E RIFERIMENTI

CAPITOLO 1

Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea

Regolamento (UE) 2024/1689 sull'intelligenza artificiale (AI Act), 2024.

Regolamento (UE) 2023/2854 sui dati (Data Act), 2023.

Direttiva (UE) 2022/2555 – NIS2, 2022.

Cyber Resilience Act (CRA) – Regolamento (UE) 2024/2847, 2024.

Regolamento Macchine (UE) 2023/1230, 2023.

International Electrotechnical Commission (IEC)

IEC 62443 – Industrial communication networks – Network and System Security.

Serie completa di standard, varie edizioni.

International Society of Automation (ISA)

ISA-88 – Batch Control Standard, 1995 e successive revisioni.

ISA-95 – Enterprise-Control System Integration, 2000 e successive revisioni.

ISA-99 – Industrial Automation and Control Systems Security (base tecnica per 62443).

ISA-112 – SCADA Systems Lifecycle Standard (in via di consolidamento).

ISO/IEC 19941:2017 – Cloud computing – Interoperability and portability, 2017

Industry 4.0 to Industry 5.0, Nousala S., Metcalf G., Ing D., 2024

Cybersecurity Guide for Machine Manufacturers, Siemens AG, 2023

Executive Industrial Cybersecurity Guide, Digital Industries World, 2024

AI Risk Frameworks Repository, MIT, 2025

Development of Modular Architectures for Product–Service Systems, Rennpferdt C., Zuefle M., Bagusat M., Dennis Bender D., Krause D., 2023

Smart SCADA. Idee di progetto per una supervisione intelligente di impianto, Milan F., 2022, ISBN 979-12-5968-505-6

Gen-AI and I5.0. Reflections on Emerging Industrial Technologies, Milan F., 2024, ISBN 979-12-5585-738-9

CAPITOLO 2

Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea

Regolamento (UE) 2023/2854 del Parlamento europeo e del Consiglio del 13 dicembre 2023 relativo a norme armonizzate sull'accesso equo ai dati e sul loro utilizzo (Data Act), *eur-lex.europa.eu*

Commissione Europea

Proposta di regolamento recante norme armonizzate sull'accesso e l'utilizzo equi dei dati (legge sui dati). COM (2022) 68 definitivo, 23 febbraio 2022, *eur-lex.europa.eu*

CAPITOLO 3

Parlamento Europeo e Consiglio dell'Unione Europea

Regolamento (UE) 2024/1689 sull'intelligenza artificiale (AI Act), 2024.

Regolamento (UE) 2023/2854 – Data Act, 2023.

Regolamento (UE) 2024/2847 – Cyber Resilience Act.

Direttiva (UE) 2022/2555 – NIS2.

OECD - AI Policy Observatory, rapporti 2023-2024

The Global Race for Industrial AI, MIT Technology Review, 2024

AI Regulation and Innovation Dynamics, Harvard Business Review, 2023

AI in Manufacturing and Productivity, McKinsey Global Institute, 2024

Industry 4.0 to Industry 5.0, Nousala S., Metcalf G., Ing D., 2024

Artificial Intelligence in Manufacturing, Soldatos J., 2024

Future of Global Industrial Competitiveness, World Economic Forum, 2024

CAPITOLO 4

CORTE DEI CONTI EUROPEA - Report - 29/05/2024 - Relazione speciale 08/2024: Le ambizioni dell'UE in materia di intelligenza artificiale – Per il futuro, una governance più forte e investimenti più consistenti e mirati sono essenziali, eca.europa.eu

BIOGRAFIE AUTORI

Oronzo Lucia

Esperto di trasformazione digitale, è Scientific Coordinator del Comitato Scientifico di SPS Italia.

Laurea in ingegneria elettronica-informatica a Padova, vanta una lunga esperienza nell'automazione e ricerca applicata in ambito macchine, impianti e sistemi produttivi industriali. Assegnatario di vari brevetti, ha fatto parte di prestigiosi gruppi internazionali (Angelini, P&G) ricoprendo ruoli dirigenziali e di responsabilità anche in progetti strategici, jv, valutazione asset e competenze.

Federico Milan

Digital Innovation Manager in Breton, porta un'esperienza ventennale nel settore OEM e una forte attenzione alle tecnologie emergenti.

Ha ricoperto ruoli di progettazione elettronica e di software industriali, creando architetture SCADA e design MES e WMS e sviluppando soluzioni per la qualificazione automatica dei prodotti.

Oggi guida la Business Unit dedicata alle soluzioni data-driven basate su IoT, microservizi, machine learning, computer vision, LLM e GenAI.

Maurizio Spiriticchio

Automation & Control Design Manager per la divisione Platforming in Angelini Technologies- Fameccanica, ricopre anche il ruolo di responsabile della gestione dei sistemi di progettazione per l'automazione. Ha maturato oltre 20 anni di esperienza nello sviluppo di soluzioni di automazione industriale in diversi ambiti legati alla produzione di beni di largo consumo, sia per attività di R&D che nella realizzazione di soluzioni destinate al mercato. È specializzato nella standardizzazione e ottimizzazione delle architetture hardware e software, nella sicurezza dei macchinari, nello sviluppo di soluzioni digitali e nell'insieme delle tematiche legate al mondo OT, inclusi gli aspetti di security.

Coordinatore Scientifico

Oronzo Lucia

Autori

Oronzo Lucia, Federico Milan, Maurizio Spiriticchio

Con il contributo di

**Gianluca Abbati, Gianluca Berrettini, Giovanni Berselli,
Davide Borghi, Mauro Colucci, Stefano Faccio,
Paolo Foglio, Massimo Ghelfi, Gabriele Guzzetti,
Massimo Lenti, Maurizio Mangiarotti, Gianpiero Negri,
Marco Omeri, Federico Poli, Alberto Simoncelli**

Si ringraziano il Comitato Scientifico di SPS Italia e il suo
Presidente **Carlo Marchisio**

Realizzazione a cura di

SPS Italia - spsitalia.it

Curatori

Greta Moretto, Ester Maffina, Chiara Ferrari, Letizia Battista

Impaginazione grafica

Laura Braghetto

Editore

Messe Frankfurt Italia Srl, Milano (IT)

Finito di stampare nel mese di maggio 2026 da

Àncora Arti Grafiche, Milano (IT)

ISBN 979-12-243-3285-5