

RATP DEV

Liberare tutto il potenziale della metro automatica

Approfondimenti dall'ecosistema globale

RATP GROUP

Sommario

Editoriale 3

Sintesi 4

Parte I: La metro automatica, nuovo standard della mobilità urbana 8

Parte II: Gettare le basi per il successo 16

Parte III: Trasformare le reti metropolitane esistenti 24

Parte IV: Raggiungere l'eccellenza operativa 32

Conclusione 40



LIBERARE TUTTO IL POTENZIALE DELLA METRO AUTOMATICA

Editoriale

Cara lettrice, caro lettore,

Siamo lieti di presentarLe lo studio "Liberare tutto il potenziale della metro automatica - Approfondimenti dall'ecosistema globale".

I sistemi a guida automatica oggi hanno raggiunto un elevato livello di maturità e rappresentano un'alternativa comprovata. Le performance della metro automatica sono il frutto dell'impegno e della lunga collaborazione tra autorità di trasporto pubblico, operatori, industriali, uffici di progettazione, imprese di costruzioni, finanziatori e partner per la progettazione, lo studio, la fornitura, il finanziamento, l'esercizio e la modernizzazione di tali sistemi nell'ambito di nuove linee o dell'automazione di linee esistenti, in contesti urbani estremamente diversificati.

Oggi, non si tratta più di determinare se la metro automatica sia efficiente. Si tratta di sapere come trarre pienamente vantaggio dal suo potenziale per garantirne il successo nel tempo.

Questo studio si basa sull'esperienza collettiva. Poggia su oltre 30 interviste condotte presso attori essenziali dell'ecosistema della metro automatica, arricchite dal contributo degli esperti del gruppo RATP Ensemble, e permette di individuare i fattori essenziali per il successo che fanno la differenza nella progettazione, nella messa in servizio e nell'esercizio di sistemi di metro automatica solidi, efficienti e sostenibili.

Ci auguriamo che questo lavoro collettivo possa contribuire al successo e alle evoluzioni future della metro automatica nel mondo e aiutare le autorità di trasporto pubblico ad affrontare le sfide odierne e future.

Vi auguriamo una buona lettura.

Edgar Sée
RATP Dev
Vicedirettore, Business Unit Internazionale

Fabien Gervois
RATP Dev
Direttore Metro automatica

Sintesi

I sistemi a guida automatica si sono ormai affermati come alternative comprovate per soddisfare le esigenze di trasporto ad alta capacità. Su larga scala, offrono una combinazione unica di vantaggi: prestazioni migliorate, maggiore affidabilità e migliore efficienza energetica.

Basandosi sugli insegnamenti tratti da oltre 30 interviste condotte presso gli attori dell'ecosistema della metro automatica, arricchiti dall'esperienza di RATP Group, questo rapporto evidenzia i principali fattori di successo che consentono di liberare in modo sostenibile il potenziale della metro automatica, che si tratti di nuove linee o dell'automazione di reti esistenti.



01

Costruire una solida governance e adottare modelli contrattuali collaborativi

Sfida: I progetti di metro automatica richiedono l'intervento di numerosi operatori pubblici e privati. Quando la governance è frammentata o le priorità divergono, i processi decisionali diventano più complessi con il rischio di rallentare l'esecuzione del progetto e di compromettere la performance collettiva.

Fattori essenziali per il successo: I sistemi a guida automatica ad alta performance poggiano su un chiaro allineamento degli obiettivi tra autorità di trasporto pubblico, operatori e partner industriali. I modelli contrattuali collaborativi, in particolare i contratti di alleanza, favoriscono la condivisione dei rischi, facilitano la risoluzione delle difficoltà e incoraggiano una logica di "successo collettivo del progetto". Sebbene la loro attuazione vari a seconda dei quadri normativi locali, la trasparenza, la fiducia e la condivisione di obiettivi comuni emergono sistematicamente come fattori chiave per il raggiungimento dei risultati.

02

Associare l'operatore fin dalla fase di progettazione pergarantire l'operatività del sistema e le prestazioni a lungo termine

Sfida: Nei progetti di nuove linee della metropolitana, alcuni disservizi trovano origine nelle specifiche iniziali che non riflettono pienamente le esigenze e le reali condizioni di esercizio al momento della messa in servizio, né l'evoluzione di tali esigenze durante l'intero ciclo di vita del sistema.

Fattori essenziali per il successo: Il coinvolgimento tempestivo di operatori esperti consente di soddisfare le esigenze funzionali, di orientare le scelte di progettazione e di controllare meglio le interfacce tra esercizio e manutenzione. La loro esperienza consente di adottare una visione a lungo termine delle performance e dell'evolutività del sistema: incremento del traffico, evoluzioni del sistema o estensioni. Questa collaborazione sin dalle prime battute del progetto è oggi una condizione di successo ampiamente riconosciuta da tutti gli attori del settore.

03

Fare dell'automazione una trasformazione centrata sull'uomo, gestendo al contempo la complessità tecnica

Sfida: Nei progetti di ammodernamento e automazione delle linee esistenti, la maturità tecnologica non riduce la complessità operativa. L'implementazione di nuovi sistemi mantenendo al contempo la continuità del servizio è una sfida importante, sia da un punto di vista tecnico che umano e organizzativo. L'automazione trasforma profondamente i profili professionali e le modalità operative e, senza un forte impegno da parte del personale, il miglioramento delle prestazioni rimane fragile.

Fattori essenziali per il successo: I progetti più compiuti coinvolgono il personale sin dalle prime battute, offrendo una chiara visione dell'evoluzione dei profili professionali e accompagnando ogni fase della transizione. La combinazione di una gestione strutturata del cambiamento, di una solida governance di progetto e di competenze tecniche di alto profilo è essenziale per l'automazione delle linee esistenti, senza compromettere la qualità delle operazioni.

04

Anticipare l'obsolescenza e progettare sistemi evolutivi

Sfida: L'obsolescenza tecnologica costituisce uno dei principali rischi del settore. Le tecnologie si evolvono più rapidamente dei cicli di vita delle infrastrutture metropolitane, esercitando crescenti pressioni sui costi, l'affidabilità, la manutenibilità e le competenze necessarie all'esercizio dei sistemi nel tempo.

Fattori essenziali per il successo: Il ricorso a standard aperti, ad architetture modulari e a dispositivi di supporto a lungo termine consente di gestire meglio questi rischi. Uno scambio anticipato con i fornitori contribuisce a garantire la traiettoria di evoluzione delle tecnologie. Oggi la progettazione di sistemi in una logica di adattabilità continua è tanto importante quanto le prestazioni al momento dell'entrata in servizio.



05

Migliorare continuamente l'esperienza dei passeggeri

Sfida: L'automazione non basta per garantire la soddisfazione dei passeggeri. Le loro aspettative si evolvono costantemente e riguardano tutta l'esperienza della mobilità: accessibilità, comfort, qualità dell'informazione, sicurezza percepita e regolarità del servizio.

Fattori essenziali per il successo: Un servizio affidabile, informazioni comprensibili e in tempo reale per i passeggeri, una presenza umana visibile e rassicurante, nonché spazi ben progettati contribuiscono a rafforzare nel tempo la fiducia nel sistema. Il miglioramento continuo dell'esperienza dei passeggeri si avvale della capacità di innovazione permanente e di un adattamento preciso alle utenze e alle esigenze locali.

06

Sfruttare i dati, l'IA e l'innovazione per migliorare la performance e ottimizzare i costi sul ciclo di vita

Sfida: L'automazione apre importanti prospettive nel campo della performance e dell'ottimizzazione dei costi, a condizione di disporre di dati affidabili, ben strutturati e sfruttabili. Senza strumenti predittivi né capacità di analisi avanzate, i sistemi non possono raggiungere il loro pieno potenziale. Allo stesso modo, una maggiore connettività aumenta i rischi di sicurezza informatica.

Fattori essenziali per il successo: Manutenzione predittiva, supervisione assistita dall'IA, robotica o innovazioni operative mirate permettono di migliorare l'affidabilità del sistema, riducendo i costi lungo tutto il ciclo di vita. Tuttavia, questi fattori devono rientrare in un solido contesto di cybersicurezza. Oltre le tecnologie, le reti più efficienti si distinguono per una cultura sostenibile di gestione dei dati e di miglioramento continuo.

07

Fare della metro automatica una leva di trasformazione urbana sostenibile e resiliente

Sfida: I sistemi di metro automatica superano la mera funzione di trasporto. Queste infrastrutture strategiche sono oramai al servizio dello sviluppo urbano, della transizione ambientale, ma anche della sostenibilità e resilienza delle città.

Fattori essenziali per il successo: Sfruttare pienamente le funzioni consentite dall'automazione, come la velocità economica e l'adattamento dinamico dell'offerta alla domanda, permette di generare benefici ambientali concreti e di migliorare la resilienza delle città. L'integrazione dei progetti di metro automatica nelle strategie di sviluppo urbano orientato ai trasporti pubblici (*Transit-Oriented Development*), nonché la valorizzazione delle infrastrutture per servizi complementari, quali la fibra ottica o il recupero del calore, consentono di amplificare in modo sostenibile la creazione di valore per i territori.

Introduzione

Il presente studio poggia su una forte convinzione: nei prossimi decenni, la metro automatica sarà uno dei pilastri imprescindibili della mobilità urbana. Tuttavia, per poter raggiungere questo ambizioso obiettivo, la tecnologia non basta.

I sistemi di metro automatica possono oggi contare su un'esperienza matura e ampiamente comprovata. Che si tratti di nuove linee o di automazione delle linee esistenti, dimostrano la loro capacità di garantire un elevato livello di sicurezza, pur migliorando in modo sostenibile le performance, l'affidabilità e l'efficienza operativa su larga scala.

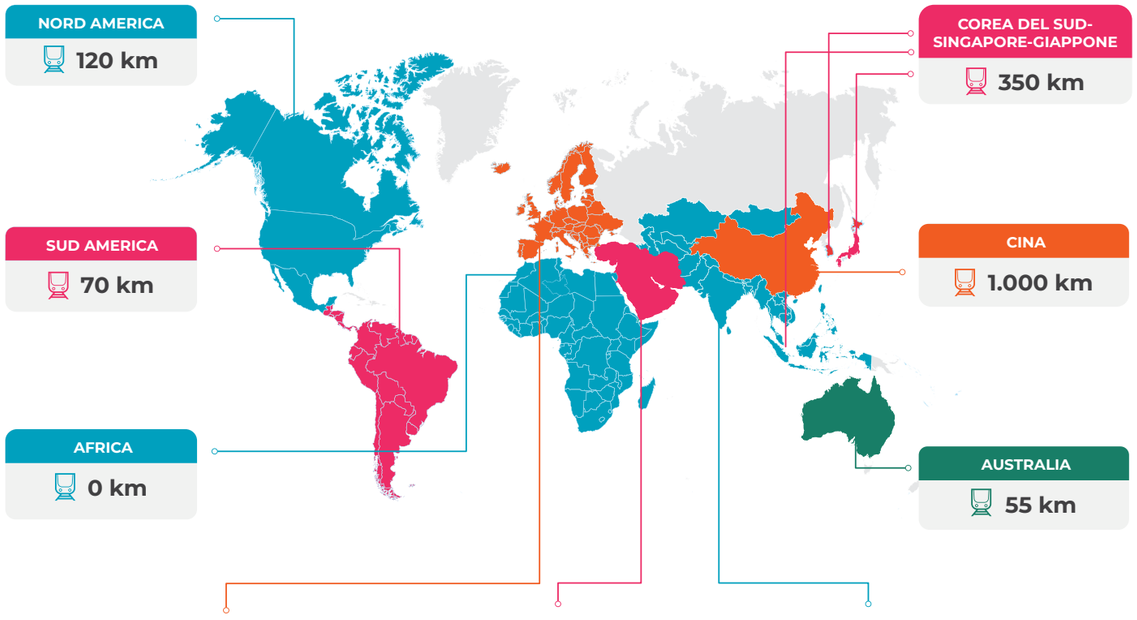
Il futuro della metro automatica sarà determinato dall'espansione delle reti a livello mondiale, sia attraverso la conversione delle linee esistenti, sia attraverso lo sviluppo di nuove infrastrutture nelle città in forte crescita.

Il prossimo passo non consiste più solo nell'implementazione di sistemi automatici, bensì nello sfruttarne appieno il potenziale: gestire una complessità crescente, rafforzare la resilienza delle reti e consolidare la cooperazione tra tutti gli attori della catena del valore.

La sfida dei prossimi anni consisterà anche nell'adattare i modelli di metro automatica a contesti urbani, economici e operativi sempre più diversificati, rispondendo al contempo alle crescenti esigenze in termini di qualità del servizio, di sostenibilità e di prestazioni.

La rete globale GOA4 supera oggi i 2.300 km e potrebbe raddoppiare entro il 2030[1]. Questa dinamica di crescita dipenderà tuttavia dalla capacità degli attori del settore di gestire una complessità tecnica sempre maggiore, di far evolvere i modelli di finanziamento e di rafforzare la cooperazione tra tutte le parti interessate.

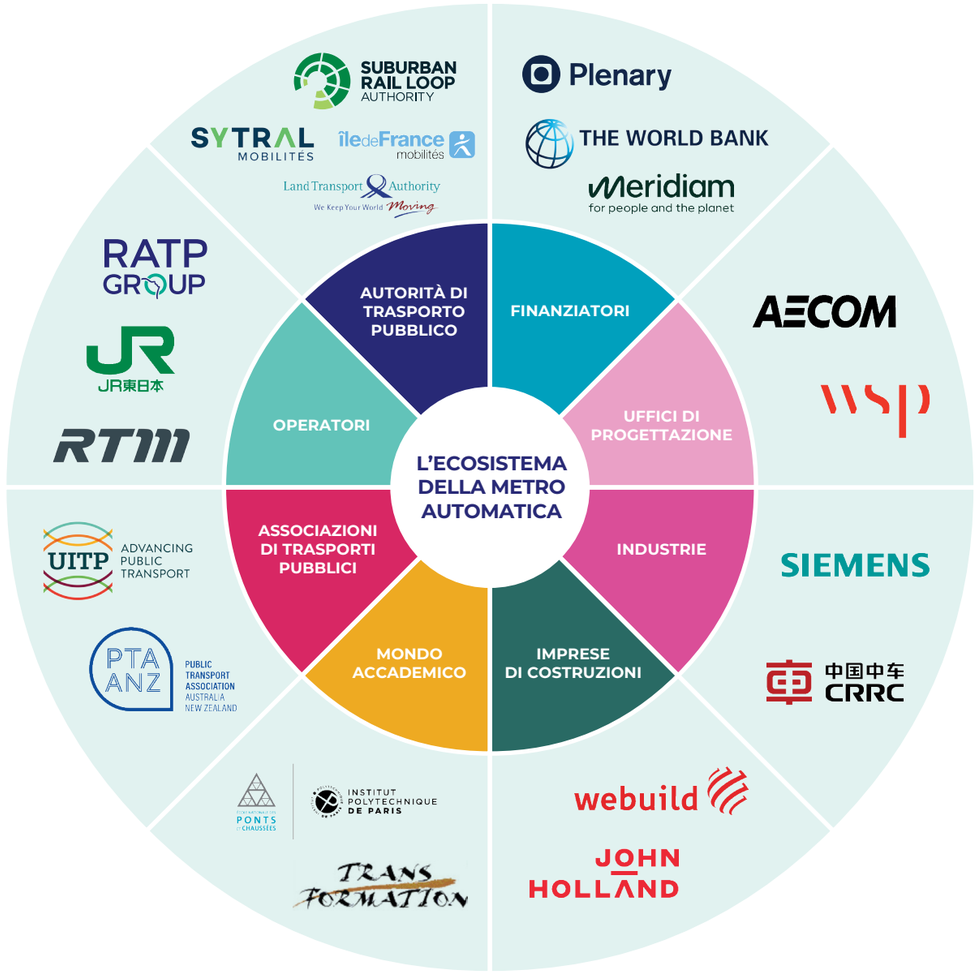
La metro automatica nel mondo nel 2025



[1]Railway Gazette International, Automated Metro Market Analysis, Febbraio 2024

Metodologia

Realizzato da RATP Dev nel 2026, il presente studio si basa su una trentina di interviste condotte in varie regioni del mondo presso attori dell'ecosistema di metro automatica, che rappresentano un ampio ventaglio di prospettive settoriali. Si avvale inoltre della più ampia esperienza di RATP Group, in particolare attraverso il contributo degli esperti del Club Métro Automatique. Gli insegnamenti tratti da questo studio offrono una visione d'insieme delle grandi dinamiche che orientano attualmente lo sviluppo dei sistemi di metro automatica a livello mondiale.



Parte I

La metro automatica, nuovo standard della mobilità urbana

Dalla svolta tecnologica al nuovo standard di trasporto urbano di massa

La metro automatica, una risposta naturale alle crescenti esigenze in termini di capacità

Nell'ecosistema della metro automatica, emerge una constatazione unanime: le autorità di trasporto pubblico, gli operatori, gli uffici di progettazione, le imprese e gli industriali condividono sempre di più la stessa visione. I sistemi di metro automatica sono diventati lo standard del trasporto di massa. Questa evoluzione è dovuta tanto all'affidabilità ormai comprovata delle tecnologie quanto all'esperienza maturata attraverso i numerosi progetti realizzati. Insieme, questi fattori hanno fatto passare la metro automatica dallo status di innovazione distintiva a quello di modello consolidato.

Al di là di questa constatazione, l'ecosistema converge anche sul modo di condurre questi progetti, il cui successo si basa su una rigorosa cooperazione tra tutti gli attori, con l'obiettivo comune di gestire al meglio le interfacce e garantire la coerenza dell'intero sistema. La metro automatica ha superato la fase sperimentale, tuttavia è ancora complesso trarne tutti i vantaggi. Il successo dipende dalla capacità di mettere la tecnologia al servizio di una governance mirata e preparare adeguatamente la fase di esercizio: definizione del modello operativo, formazione del personale, gestione della performance nel tempo, accompagnamento dei cicli di ammodernamento e innovazione.

Un modello comprovato ed evolutivo grazie a decenni di esercizio

Questa evoluzione è stata favorita dalla maturità raggiunta dalle tecnologie di base, in particolare il CBTC (*Communication-Based Train Control*), le cui successive generazioni hanno progressivamente consolidato l'affidabilità e le prestazioni. Oggi implementato su larga scala in tutto il mondo, su reti con configurazioni molto diverse tra loro, il sistema CBTC costituisce attualmente una base tecnologica collaudata.

Parallelamente, si rafforzano le capacità di modernizzazione e di migrazione progressiva dei sistemi che rimangono tuttavia particolarmente complesse e richiedono competenze approfondite per garantire la continuità del servizio e la sicurezza delle operazioni.

Questo livello di maturità ha permesso di avvicinare le diverse prospettive all'interno dell'ecosistema. Fornitori, uffici di progettazione, imprese e operatori hanno cambiato paradigma: sono state rafforzate le capacità di collaudo e approvazione, mentre gli operatori hanno acquisito una solida esperienza nell'esercizio senza personale a bordo.

Questo grado di efficacia poggia su una combinazione di vantaggi ampiamente riconosciuti. I sistemi automatici consentono innanzitutto di aumentare la capacità delle reti grazie a intervalli più brevi tra i treni e a un esercizio più regolare. Inoltre offrono una maggiore affidabilità, poiché dipendono meno dagli imprevisti legati alla disponibilità dei macchinisti.

A questi vantaggi si aggiungono una maggiore flessibilità operativa, con livelli di offerta più facilmente adattabili alla domanda, nonché un livello di sicurezza elevato grazie al controllo continuo della velocità e ai dispositivi di protezione di banchina. Infine, l'ottimizzazione coordinata dell'intero sistema contribuisce a migliorare notevolmente l'efficienza energetica.

> *Prima o poi, tutte le linee della metropolitana saranno completamente automatizzate, è solo una questione di tempo.*

Eric Peissel
WSP
Direttore Mondiale Trasporti e Infrastrutture

> *Il ritorno sull'investimento nell'automazione è fuori discussione: i vantaggi operativi e finanziari sono significativi, in particolare grazie a un risparmio di energia compreso tra il 15% e il 20%.*

Sophie Espié
Siemens Mobility France
Direttrice Strategia, Vendite e Bandi di Gara

La metro automatica come risposta strutturale alle pressioni urbane

Oggi le città si trovano a dover contrastare pressioni convergenti: accelerazione dell'urbanizzazione, concentrazione demografica, crescente saturazione delle infrastrutture stradali e inasprimento dei vincoli climatici. In tale contesto, si fanno sempre più pressanti le aspettative nei confronti dei sistemi di trasporto pubblico di massa che devono soddisfare una domanda in continua crescita, garantendo al contempo un elevato livello di affidabilità, attrattiva e sostenibilità a lungo termine.

Nelle metropoli caratterizzate da un forte incremento demografico, la metro automatica si sta progressivamente affermando come una delle risposte più idonee alla congestione delle reti stradali. Oltre alla capacità di trasporto, svolge infatti un ruolo essenziale nell'evoluzione delle abitudini di mobilità, incoraggiando il passaggio dall'autovettura ai trasporti pubblici. Tale transizione può tuttavia avvenire solo a condizione che venga offerto un livello di servizio ineccepibile. Pertanto, frequenza elevata, regolarità e stabilità del servizio diventano fondamentali per competere con la facilità d'uso offerta dall'autovettura. Tutte queste dinamiche si inseriscono spesso in progetti di creazione di nuove reti, ideati con l'obiettivo di strutturare lo sviluppo urbano.

La sfida non è più tanto quella dell'espansione delle reti storiche quanto quella dell'ottimizzazione. Poiché le infrastrutture esistenti raggiungono spesso i propri limiti e i progetti di ampliamento richiedono tempi lunghi, costi elevati e un'integrazione complessa nei tessuti urbani già molto densi, una maggiore automazione consente di rafforzare le linee esistenti. Permette infatti di garantire un esercizio ad alta frequenza più stabile e di tornare più rapidamente alla normalità in caso di evento, senza dover ricorrere esclusivamente alla realizzazione di nuove infrastrutture.



Questa dinamica è ulteriormente accentuata dai vincoli climatici. Poiché le grandi metropoli sono chiamate ad accelerare la transizione verso una mobilità a basse emissioni di carbonio, le reti metropolitane ad alta capacità diventano un pilastro fondamentale delle loro strategie di decarbonizzazione. Le città devono inoltre adattarsi a fenomeni estremi sempre più frequenti, quali ondate di calore, tempeste e alluvioni, migliorando le condizioni di trasporto dei passeggeri e garantendo l'affidabilità delle loro infrastrutture.

Una tecnologia comprovata, accettata e desiderata

I sistemi a guida automatica sono sempre più percepiti dalle città e dai cittadini come uno standard urbano legittimo e auspicabile. Il professor Jean-François Révah (Trans/Formation) sottolinea il notevole livello di accettabilità raggiunto dalla metro automatica nella capitale parigina, un risultato non scontato nelle grandi trasformazioni del servizio pubblico. Tale accettabilità si basa sulla fiducia riposta in sistemi progettati per offrire un elevato livello di sicurezza e affidabilità.

Oggi l'accettazione è diventata persino un'aspettativa. In numerose regioni del mondo, l'assenza di macchinista non rappresenta più un problema: i passeggeri si aspettano innanzitutto un'esperienza concreta e di qualità elevata. Oltre alle prestazioni del sistema, giudicano l'efficienza della rete rispetto al loro vissuto quotidiano: intervalli brevi e affidabili, informazioni chiare, percorso fluido e livelli di servizio elevati. La metro automatica risponde a tali aspettative. Garantisce la continuità del servizio e fornisce una vera flessibilità d'esercizio, con orari estesi e un'offerta adattabile alla domanda. Rafforza così il valore di una metropolitana che funziona correttamente, ogni giorno.

È cruciale mantenere tale accettabilità nel tempo per preservare la fiducia dei passeggeri al di là dell'entrata in servizio della linea. In caso di perturbazioni, questa fiducia dipende in particolare dalla capacità della rete di ripristinare rapidamente un servizio normale, di fornire informazioni chiare e tempestive ai passeggeri e di garantire una presenza umana visibile e rassicurante nei punti nevralgici. Tali requisiti esigono un gestore in grado di integrare queste aspettative nella gestione operativa quotidiana e nella governance globale della rete.

La scelta di adottare una metro automatica è dettata innanzitutto dalla complessità dell'esercizio di una linea e dalle esigenze di capacità.

Stéphane Maillet
Île-de-France Mobilités
Capo del Dipartimento Sistemi di Trasporto, Direzione Ferroviaria

La nostra missione è trasportare il maggior numero di passeggeri, nel modo più efficace possibile. Per raggiungere questo obiettivo, oggi la metro automatica è la risposta migliore. Favorendo le connessioni tra i cittadini e la qualità della vita in un ambiente urbano in piena evoluzione, svolge il ruolo di spina dorsale della città.

Marco Assorati
WeBuild
Senior Executive Vice President, Operations

La scelta della metro automatica è evidente. Offre vantaggi indiscutibili: un'altissima capacità, con un numero di passeggeri per ora e per direzione elevato, la flessibilità necessaria per adattare il livello del servizio e la possibilità di favorire il trasferimento modale.

Federico Antoniazzi
Ecole des Ponts
Direttore del Master Specializzato Sistemi di Trasporto Ferroviari e Urbani

Negli Stati Uniti, l'assenza di personale a bordo può suscitare un'impressione d'insicurezza in alcuni passeggeri che utilizzano i sistemi di metro automatica. È necessario valorizzare ulteriormente i progetti dimostrativi realizzati per illustrare i vantaggi dell'automazione e rassicurare gli utenti.

Veronica Vanterpool
AECOM
Vicepresidente Senior, Responsabile Trasporti Pubblici per le Americhe

Trasformare la città

La metro automatica come catalizzatore dell'attrattiva e del dinamismo urbano

Le linee automatiche contribuiscono alla trasformazione delle città, costituendo infrastrutture di trasporto ad alta capacità che migliorano l'accesso alla mobilità e rendono più scorrevoli gli spostamenti urbani. Offrendo un servizio frequente, regolare e prevedibile, contribuiscono a ridurre la congestione stradale e i costi economici legati al tempo perso negli spostamenti quotidiani, a diretto vantaggio dei passeggeri e dell'attrattiva dei territori.

La metro automatica rafforza inoltre la connessione territoriale, collegando efficacemente aeroporti, quartieri d'affari, strutture ospedaliere, campus universitari e sedi di eventi ai centri cittadini e ai principali poli metropolitani. Questa maggiore accessibilità favorisce una crescita urbana più inclusiva, in particolare laddove le difficoltà di spostamento possono accentuare le disuguaglianze territoriali e sociali.

La metro automatica contribuisce a rendere le città più attraenti. Incarna una mobilità moderna, con una forte vocazione al servizio, e rafforza il prestigio delle metropoli a livello internazionale. Questo valore aggiunto è particolarmente evidente in occasione di grandi eventi: l'automazione consente di estendere gli orari di servizio e di adeguare rapidamente la capacità in caso di picchi di affluenza, condizione più difficile da realizzare nell'ambito di modalità di esercizio tradizionali, vincolate all'organizzazione dei turni e al modello operativo.

Al di là della funzione di trasporto, le linee automatiche contribuiscono alla trasformazione dei quartieri e alle dinamiche di sviluppo urbano e immobiliare. Le nuove stazioni, o quelle ristrutturate, permettono di migliorare l'accessibilità, sostenere la rigenerazione urbana, attrarre investimenti e accelerare lo sviluppo urbano orientato al trasporto (TOD - *Transit-Oriented Development*). Nella regione Île-de-France, il Grand Paris Express è precisamente destinato a trasformare i quartieri attorno a 68 nuove stazioni, accompagnando progetti di pianificazione urbana di ampio respiro. La linea Sydney Metro - Western Sydney Airport risponde alla stessa logica: collegare i quartieri residenziali, il nuovo aeroporto e i quartieri d'affari all'Aerotropolis di Bradfield.

L'impatto economico dei sistemi di metro automatica è evidente anche attraverso l'offerta occupazionale e lo sviluppo delle competenze. L'automazione non elimina posti di lavoro, bensì trasforma le professionalità, rafforzando le attività a forte valore aggiunto. Le esigenze si spostano progressivamente verso funzioni più qualificate, in particolare nell'ingegneria di manutenzione, l'integrazione e la qualificazione dei sistemi, la sicurezza informatica oppure la supervisione delle operazioni dalle sale operative. Parallelamente, la presenza di agenti sul campo rimane essenziale per l'assistenza ai passeggeri e l'esercizio quotidiano delle stazioni. Tale evoluzione genera la necessità di assumere, formare e migliorare le competenze delle filiere locali nel tempo.



Fluidità, sicurezza e affidabilità per gli utenti

Per gli utenti, il valore della metro automatica si misura innanzitutto in base alla qualità dell'esperienza quotidiana percepita. L'automazione consente di garantire un servizio frequente, regolare e prevedibile, offrendo un'esperienza di viaggio fluida e affidabile su cui i passeggeri possono contare.

Numerosi progetti di automazione sono accompagnati anche dall'introduzione di materiale rotabile di nuova generazione, dall'ammodernamento degli impianti delle stazioni e dal potenziamento dei sistemi di informazione per i passeggeri. Questi sviluppi contribuiscono a migliorare il comfort, a ridurre l'inquinamento acustico, a mantenere gli spazi in condizioni migliori e a offrire un'informazione ai passeggeri più efficace e tempestiva.

Un altro vantaggio fondamentale è la sicurezza. Grazie al monitoraggio e al controllo continuo della linea, i sistemi automatici migliorano la sicurezza generale della rete. Le porte di banchina, ad esempio, svolgono un ruolo centrale, garantendo la sicurezza dei passeggeri in attesa del successivo convoglio e migliorando al contempo la fluidità dei flussi e la regolarità del servizio sulle linee con maggior affluenza. Più in generale, l'automazione contribuisce all'affidabilità e alla sicurezza dell'esercizio, nell'ottica di un miglioramento complessivo delle prestazioni e della qualità del servizio.

Oltre agli aspetti tecnici, la sensazione di sicurezza e di comfort svolge un ruolo determinante nella fiducia che i passeggeri ripongono nel sistema. Le linee automatiche sono pertanto sempre più chiamate a dimostrare la loro capacità di offrire spazi accoglienti, informazioni chiare e utili ai passeggeri, anche in caso di disservizio, nonché una presenza umana visibile e rassicurante quando le condizioni operative lo richiedono, in particolare al momento dell'entrata in servizio di nuove linee.

Affidabilità del servizio, sicurezza e comfort contribuiscono a infondere fiducia, incoraggiano l'uso regolare della metro automatica e rafforzano l'accettabilità della rete di trasporto nel suo complesso.

La linea 14 della rete parigina: trasformare la mobilità, diversificare i profili dei passeggeri

La linea 14 della metropolitana di Parigi dimostra come un asse strutturante della metro automatica possa trasformare la mobilità e diversificare i profili dei passeggeri. In seguito a un programma di prolungamento senza precedenti avviato nel 2015, oggi questa linea collega Saint-Denis - Pleyel a nord all'aeroporto di Orly a sud, modificando la dimensione e il ruolo stesso della rete. Collegando il centro di Parigi a uno dei principali aeroporti francesi in soli venti minuti, attira nuovi profili di passeggeri, oltre agli utenti quotidiani: turisti, viaggiatori d'affari e occasionali, offrendo al contempo un'esperienza di qualità agli utenti regolari.

Questa evoluzione soddisfa anche requisiti sociali più ampi, ossia una migliore accessibilità grazie a stazioni adatte alle persone a mobilità ridotta, un accesso più equo alle risorse della città, quali ospedali, istituti scolastici, impianti sportivi e servizi, e un contributo alla transizione energetica grazie a un sistema di trasporto di massa affidabile ad alta frequenza. Il progetto prevede inoltre misure di inserimento occupazionale: solo il prolungamento verso sud ha generato 460.000 ore di inserimento allo scopo di favorire l'assunzione di persone escluse dal mondo del lavoro.

In sintesi: La linea 14 dimostra come l'automazione e il prolungamento possano contribuire in egual misura a migliorare le prestazioni, a diversificare l'utenza e a rafforzare l'impatto sociale di questi progetti.

La metro automatica e la ferrovia rappresentano un'opportunità imperdibile per noi. Considerato l'invecchiamento demografico, il nostro obiettivo è concentrare maggiormente l'attività del personale sul servizio ai clienti e meno sull'esercizio, per proporre un'offerta più incentrata sui rapporti umani.

Kenji Murasaki
JR East
Division Senior Manager

Visto lo sviluppo della città di Melbourne, grazie a treni rapidi, regolari e affidabili sarà possibile creare formidabili opportunità, come rendere accessibili a piedi, a partire dalle nuove stazioni, più soluzioni abitative, occupazionali e servizi.

Jamie Burn
Suburban Rail Loop Authority
Direttore Package Linewide & Operations

L’automazione quale leva per la sobrietà energetica e la decarbonizzazione

La metro automatica accompagna le strategie di decarbonizzazione delle città, poiché l’automazione consente di diminuire i consumi energetici della rete ferroviaria. Permette in particolare di ricorrere alla frenata rigenerativa, in grado di recuperare il 30% circa dell’energia durante la frenata rispetto a un sistema meccanico. I consumi possono inoltre essere ottimizzati anche sfruttando il profilo della linea e l’inerzia sviluppata (coasting), nonché adottando velocità più economiche durante le ore di minor affluenza. La frequenza dei convogli può essere adattata alla domanda, allo scopo di migliorare l’efficienza del sistema, senza diminuire la qualità del servizio.

È già possibile registrare risultati concreti nel lungo periodo. A Parigi, da quando è stata automatizzata la linea 4 della metropolitana, è stata registrata una diminuzione del 15% dei consumi energetici. Sulla linea 14, i convogli MP14 di ultima generazione consentono di risparmiare elettricità grazie al recupero di energia in frenata e a una progettazione ottimizzata. Il consumo elettrico complessivo rimane sotto controllo, nonostante sia stata praticamente raddoppiata la lunghezza della linea.

L’impatto ambientale non si limita all’energia di trazione. Come ogni nuova rete di trasporto, i programmi di automazione prendono sempre più in considerazione gli aspetti relativi alla qualità dell’aria all’interno degli spazi della metropolitana, riducendo le emissioni di particolato, ad esempio grazie all’ottimizzazione della frenata elettrica, e potenziando gli impianti di ventilazione e gli interventi di manutenzione. Mirano inoltre a ridurre il consumo energetico delle stazioni, con soluzioni quali la geotermia o sistemi di riscaldamento e raffrescamento più efficienti.

Più in generale, i progetti di metro automatica permettono di considerare i requisiti ambientali sin dalla fase di progettazione e durante la costruzione. Le opere di ingegneria civile e i materiali utilizzati possono infatti rappresentare una quota importante del bilancio delle emissioni di CO_2 lungo l’intero ciclo di vita. Questa evoluzione è la traduzione concreta degli impegni assunti dalle autorità di trasporto pubblico che cercano di controllare meglio l’impronta carbonica dei loro progetti nel tempo. Rafforza inoltre l’interesse di un’impostazione globale, capace di far collimare le scelte progettuali a basse emissioni, i metodi costruttivi e la performance durante l’esercizio a lungo termine.

Metropolitana di Riad - Accompagnare una trasformazione a livello nazionale

Il progetto della metropolitana di Riad dimostra come una nuova rete automatica possa trasformare le abitudini di mobilità in una grande capitale. Realizzata in un’unica fase, conta sei linee automatiche, per un totale di 176 km e 85 stazioni. Tra dicembre 2024 e marzo 2026, ha trasportato oltre 200 milioni di passeggeri, a dimostrazione della rapida diffusione in una città a lungo dominata dall’autovettura. Al di là dell’affluenza, il suo principale vantaggio è il risparmio di tempo. Offrendo spostamenti rapidi, frequenti e prevedibili, è in grado di competere con l’autovettura nelle ore di punta e di trasformare questo tempo risparmiato in valore economico e qualità della vita.

Il progetto accompagna inoltre un’evoluzione tangibile dal punto di vista dell’inclusione sociale. La metropolitana offre maggiore autonomia a molte donne e ai giovani, facilitando l’accesso al lavoro, all’istruzione, ai servizi e ai grandi centri urbani, come il King Abdullah Financial District, senza dover dipendere da un autista, da un taxi o da soluzioni informali. Nelle stazioni e a bordo dei treni, crea inoltre nuovi spazi pubblici condivisi, dove convivono diverse fasce di popolazione. In questo modo, integra il trasporto pubblico nella vita quotidiana di una società in cui prima era limitato. Completata da una rete di autobus composta da 89 linee, in una città estesa e caratterizzata da temperature elevate, la metropolitana sta trasformando progressivamente la vita quotidiana a Riad.

Infine, contribuisce alla nascita di un vero e proprio settore del trasporto pubblico nel paese, creando nuove professioni e accompagnando lo sviluppo delle competenze, grazie alla formazione e alla professionalizzazione delle squadre locali.

In sintesi: Trasformando le abitudini di mobilità quotidiane e accelerando l’inclusione sociale, la metro automatica di Riad è un fattore del cambiamento in un paese in cui la mobilità è stata a lungo dominata dall’autovettura.

I progetti di metro automatica rappresentano un asset di grande interesse. Ridisegnano il volto delle città, offrendo servizi sostenibili di alta qualità.

Patrick Lauren

Plenary
Direttore Investimenti

Insegnamenti chiave

01

La metro automatica gode di una crescente accettabilità ed è sempre più auspicata dai cittadini

Tra i cittadini, la metro automatica è attualmente percepita come uno standard urbano consolidato. Per i passeggeri, l’accettazione si è trasformata in un’aspettativa: la modalità driverless non è più un problema. Ciò che conta è l’esperienza quotidiana: intervalli brevi e affidabili, regolarità, comfort e informazioni chiare, utili e fruibili. Mantenere questa fiducia a lungo termine richiede una gestione rigorosa e la capacità di rassicurare i passeggeri in caso di disservizio.

02

Un’esperienza acquisita su larga scala in 40 anni di esercizio

Con oltre quarant’anni di esperienza alle spalle, la metro automatica ha dimostrato, su larga scala, una solida combinazione di vantaggi: maggiore capacità e prestazioni, maggiore affidabilità e migliore efficienza energetica. L’automazione sostiene inoltre le strategie di decarbonizzazione delle città, favorendo il trasferimento modale dall’autovettura e riducendo le emissioni e l’inquinamento a livello locale. Oltre all’impatto sul clima, la metro automatica genera un valore economico e sociale più ampio, poiché riduce i costi legati agli ingorghi stradali e favorisce una crescita urbana più inclusiva.

03

Un ecosistema coordinato: la prossima sfida sarà sfruttare pienamente la metro automatica grazie a una gestione sotto controllo

Lungo l’intera catena del valore, gli attori convergono sempre più verso una stessa constatazione: la metro automatica è diventata il nuovo standard. Questa convergenza di vedute si basa su un ecosistema maturo, costruito nel corso di decenni di realizzazioni ed esercizio, nonché su una visione più chiara dei fattori di successo. Uno dei principali insegnamenti tratti da tale esperienza è che le prestazioni dipendono in gran parte dalla cooperazione tra tutti gli attori e da una gestione rigorosa delle interfacce, dalla fase di progettazione all’esercizio. La prossima sfida consisterà nel trarre pienamente vantaggio dal potenziale dell’automazione.

Parte II

Gettare le basi per il successo

Garantire la corretta realizzazione dei progetti e la preparazione della fase di esercizio

Definire una traiettoria chiara, dall'idea all'entrata in servizio

Qualsiasi progetto di metro automatica inizia con una proiezione a lunga scadenza che definisca la pianificazione degli investimenti, la strategia relativa al materiale rotabile, le scelte tecnologiche e la preparazione delle infrastrutture nell'ambito di un percorso realistico. Per le autorità di trasporto pubblico, il primo passo consiste nel definire gli obiettivi da raggiungere, tenendo conto sia dell'incremento della domanda sia delle evoluzioni tecnologiche, allo scopo di realizzare un sistema che sia in grado di adattarsi alle future trasformazioni. Pertanto, è necessario strutturare queste ambizioni in un percorso decisionale che includa prerequisiti tecnici, organizzativi e finanziari. Questa roadmap deve essere adeguata alle capacità dell'autorità di trasporto pubblico e mirare a un modello di realizzazione solido, basato su una governance chiara e su interfacce definite con precisione.

Per quanto riguarda le nuove linee, la pianificazione si inserisce in strategie più ampie di sviluppo urbano. Tale visione deve tenere conto dell'utilizzo del territorio, dell'ubicazione delle stazioni, delle autorizzazioni amministrative, delle questioni ambientali, delle interfacce con le reti tecniche e, all'occorrenza, delle acquisizioni fondiarie. La riflessione preliminare combina quindi pianificazione della mobilità, inserimento urbano e strategia di realizzazione, con l'obiettivo di definire la struttura contrattuale più adeguata.

Per i progetti di automazione di linee esistenti, il rinnovo del materiale rotabile o l'obsolescenza del sistema di segnalamento costituiscono spesso il punto di partenza dell'intero processo. Anche la ricerca di migliori condizioni operative, quando vengono raggiunti i limiti del sistema esistente, può accelerare la decisione di passare all'automazione. Questo percorso deve basarsi, sin dall'inizio, su un'analisi approfondita delle infrastrutture e della fattibilità dei lavori, per verificare che le opere civili esistenti e la configurazione delle stazioni siano compatibili con l'integrazione di un sistema a guida automatica e delle relative interfacce, in particolare le porte di banchina. In molti casi, il passaggio diretto a un esercizio integralmente automatico risulta essere la scelta più pertinente. Questa impostazione consente di evitare l'adozione di soluzioni intermedie che richiederebbero successivamente ingenti trasformazioni per raggiungere livelli di automazione più elevati. Qualora un'autorità di trasporto pubblico privilegi un'impostazione graduale, il percorso può comunque iniziare con interventi preliminari, quali l'installazione di porte di banchina, prima di una transizione graduale dal GOA2 verso livelli di automazione più avanzati.

Anticipare e gestire i rischi

L'automazione non elimina i rischi: ne trasforma la natura e le modalità di gestione. Per le autorità di trasporto pubblico, la sfida non consiste quindi nell'«eliminare il rischio», bensì nel mantenere il controllo globale del sistema grazie a una governance solida, a una chiara ripartizione delle responsabilità lungo l'intera catena del valore e a un modello operativo in grado di rispondere in modo affidabile alle situazioni quotidiane. Gli operatori del settore individuano pertanto quattro grandi categorie di rischi da anticipare fin dalle fasi progettuali iniziali: la sicurezza informatica, la sicurezza in situazioni di disservizio, l'obsolescenza e l'idoneità del sistema alle esigenze operative, di manutenzione e dei passeggeri.

La sicurezza informatica rappresenta ormai una condizione sine qua non della performance e della resilienza della metro automatica. Questi sistemi si basano su architetture aperte e interconnesse, accessi remoti e, in alcuni casi, componenti ospitati nel cloud. Questa maggiore connettività amplia automaticamente la superficie di esposizione ai rischi e fa della sicurezza informatica una sfida centrale nella progettazione, nella gestione e nella manutenzione della rete. Una delle principali sfide consiste nel conciliare due logiche talvolta contraddittorie: da un lato, i sistemi informatici richiedono aggiornamenti rapidi per mantenere il loro livello di protezione; dall'altro, gli ambienti critici per la sicurezza privilegiano configurazioni stabili e approvate al fine di limitare i cambiamenti. Il raggiungimento di questo equilibrio poggia su una chiara definizione delle responsabilità, un severo controllo degli accessi, una rigorosa gestione delle configurazioni e procedure esigenti di collaudo e di approvazione delle modifiche.

Il principale fattore di successo per qualsiasi grande progetto è la definizione di una visione condivisa. Le autorità, gli operatori e gli industriali devono convergere verso lo stesso obiettivo finale: offrire soluzioni efficienti e attrattive per i cittadini.

Lauren Streifer

Public Transport Association Australia and New Zealand
Direttrice Generale

L'automazione rafforza inoltre la sicurezza grazie a un monitoraggio continuo del sistema e alle porte di banchina, laddove le linee ne siano dotate. Tuttavia, l'assenza di personale a bordo modifica radicalmente la gestione degli incidenti. Senza la presenza di agenti sui treni, una situazione può degradarsi più rapidamente se i passeggeri si sentono abbandonati a loro stessi. Per mantenere la fiducia degli utenti, è necessario individuare e gestire rapidamente gli eventi, attivare tempestivamente il personale in stazione e sul campo e garantire informazioni accessibili e affidabili, anche in caso di perturbazioni del servizio.

L'obsolescenza rappresenta una sfida sempre più strategica man mano che le reti metropolitane integrano una maggiore quantità di software, dati e componenti digitali. Le apparecchiature digitali, come i sistemi di telecomunicazione o di informazione ai passeggeri, si evolvono secondo cicli molto più rapidi rispetto alle infrastrutture ferroviarie tradizionali, sotto l'effetto dell'innovazione tecnologica e della continua evoluzione delle abitudini e delle aspettative dei passeggeri.

Con il passare del tempo, alcuni componenti potrebbero anche non essere più prodotti, rendendo più complesso il mantenimento in condizioni operative delle linee nel caso in cui i pezzi di ricambio non siano stati sufficientemente approvvigionati. Le prestazioni a lungo termine dipendono quindi dalla capacità di integrare le evoluzioni tecnologiche, gli aggiornamenti, le correzioni e i rinnovi nell'ambito di una gestione controllata dei cicli di vita.

Questa impostazione presuppone una chiara ripartizione delle responsabilità tra i diversi fornitori, una strategia di evoluzione esplicitamente definita, nonché meccanismi contrattuali che consentano di inserire il miglioramento continuo del sistema in una logica anticipata e strutturata. Alcune autorità si spingono oltre, stipulando contratti di assistenza e manutenzione pluridecennali per i componenti critici, allo scopo di garantire la continuità del servizio e di controllare meglio i costi a lungo termine.

Infine, gli attori del settore sottolineano il rischio di implementare sistemi tecnicamente conformi alle specifiche, ma poco adatti alla realtà dell'esercizio e alle aspettative dei passeggeri. Un sistema dimensionato male può generare ingenti costi di esercizio supplementari, degradare la qualità del servizio e moltiplicare le difficoltà operative nel tempo.

Sicurezza informatica: un requisito inderogabile per un esercizio automatico affidabile

La sicurezza informatica fa ormai parte integrante del funzionamento delle metropolitane automatiche. Le reti moderne si basano su componenti digitali per il segnalamento, il monitoraggio, gli impianti delle stazioni e i servizi ai passeggeri. Di conseguenza, la sicurezza informatica non può più essere considerata una questione tecnica a sé stante. Contribuisce infatti a perseguire lo stesso obiettivo, ossia garantire nel tempo la sicurezza, l'affidabilità operativa e la fiducia dei passeggeri.

Occorre definire sin dalle fasi iniziali l'impostazione del sistema più efficace, con requisiti di sicurezza informatica chiaramente integrati nelle specifiche e nei criteri di collaudo, e successivamente sostenuti da una governance rigorosa lungo l'intera catena del valore. Tali requisiti si basano sempre più su standard riconosciuti del settore, che ne facilitano la definizione e la dimostrazione in fase di collaudo. Autorità di trasporto pubblico, operatori e fornitori devono assumersi chiaramente le rispettive responsabilità e garantire le relative interfacce.

In pratica, ciò comporta l'identificazione delle risorse critiche e l'adozione di misure comprovate per garantire la continuità operativa: un'architettura protetta e segmentata, accessi controllati per la manutenzione da remoto, autenticazione rafforzata, gestione rigorosa dei diritti di accesso, solide procedure operative e di manutenzione, nonché una supervisione continua adeguata ai vincoli del settore ferroviario.

La sicurezza informatica viene inoltre garantita nel tempo grazie alle routine operative, nonché a scelte organizzative e progettuali che permettono al sistema di essere in grado di resistere in situazioni di crisi. Test regolari, corsi di formazione aggiornati e una preparazione strutturata agli eventi consentono di preservare la solidità del sistema giorno dopo giorno, di pari passo con l'evoluzione delle tecnologie. Tutto ciò suppone che vengano chiaramente definite le responsabilità della manutenzione, nonché la padronanza del quadro giuridico e normativo, per garantire un processo decisionale affidabile in caso di incidente di sicurezza.

In sintesi: La sicurezza informatica è un aspetto che può essere mantenuto sotto controllo nell'ambito di progetti di automazione, a condizione che venga trattata come una disciplina completamente integrata nella progettazione, nella governance, nell'esercizio e nella manutenzione.

La sfida dell'obsolescenza deve essere anticipata il più presto possibile, in particolare nell'ambito dei contratti con gli industriali.

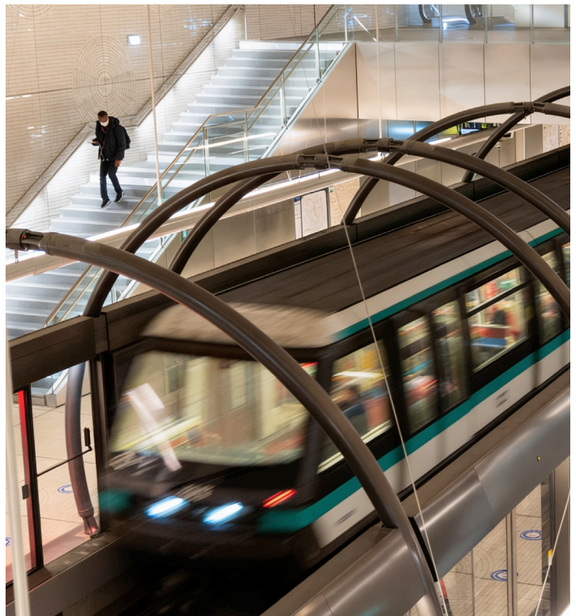
Stephane Maillet
Ile de France Mobilité
Capo del Dipartimento Sistemi di Trasporto, Direzione Ferroviaria

L'obsolescenza dei sistemi costituisce un importante rischio che deve essere preso in considerazione e integrato meglio nei contratti a lungo termine di mantenimento in condizioni operative (MCO) e mantenimento in condizioni di sicurezza (MCS).

Jean-Christophe Lebreton
Siemens Mobility France
Direttore Tecnico

Le elevate prestazioni richieste alle metropolitane automatiche sono il prezzo da pagare per il loro successo. Avendo abituato i passeggeri a un'affidabilità eccezionale, qualsiasi incidente, per quanto raro, risulta tanto più inaccettabile. La vera sfida non è quindi più solo l'affidabilità, bensì il mantenimento della fiducia quando si verifica un imprevisto.

Jean-François Révah
TRANS/FORMATION
Psicosociologo e Presidente



Metropolitana di Belgrado: considerare le aspettative del gestore sin dalle fasi preliminari per garantire la realizzazione del progetto

A Belgrado è attualmente in fase di realizzazione la prima rete della metropolitana integralmente automatica grazie a un programma strutturato attorno a tre linee e un calendario di esecuzione pluriennale. Questo progetto oggi rappresenta la maggiore infrastruttura in fase di sviluppo nella Repubblica di Serbia. In tale contesto, il valore aggiunto è rappresentato dalla collaborazione anticipata prima che diventi difficile modificare le scelte progettuali e costruttive.

La Città di Belgrado ha aggiudicato e rinnovato un contratto di assistenza all'operatore a RATP Dev, allo scopo di usufruire delle sue competenze in merito alla progettazione funzionale e le specifiche. Questo incarico riguarda in particolare l'esperienza dei passeggeri, la sicurezza, i requisiti di esercizio e manutenzione, nonché l'ottimizzazione dei costi lungo l'intero ciclo di vita.

In sintesi: Il coinvolgimento dell'operatore sin dalle prime fasi del progetto permette di trasformare le scelte progettuali in soluzioni reali per l'esercizio e la manutenzione, limitando al contempo i rischi d'interfaccia tra i vari lotti del progetto. Questa impostazione contribuisce inoltre a garantire la preparazione della fase di esercizio e l'entrata in servizio della rete.

Sebbene gli investimenti privati siano ancora poco sfruttati, garantire i finanziamenti rimane ancora oggi la maggiore sfida.

Veronica Vanterpool
AECOM
Vicepresidente Senior, Responsabile Trasporti Pubblici per le Americhe

Nell'ambito di progetti di questo tipo, le tempistiche sono lunghe e spesso le specifiche di partenza non sono più valide al momento della messa in servizio.

Russell Jackson
AECOM
Direttore Generale, Global Transportation

Strutturare finanziamenti e modelli contrattuali che garantiscano le prestazioni a lungo termine

Trovare il giusto equilibrio tra CAPEX e OPEX per garantire la redditività lungo tutto il ciclo di vita

L'automazione può migliorare l'equilibrio economico di una rete metropolitana, a condizione che venga concepita sin dall'inizio secondo una logica di efficacia, dalla progettazione all'esercizio.

Rispetto alle linee convenzionali, l'UITP[2] ritiene che le linee totalmente automatiche possano generare risparmi di energia fino al 15% e ridurre gli oneri di esercizio (OPEX) dal 15 al 30%, grazie a una migliore efficienza energetica, all'ottimizzazione dell'organizzazione del personale e a una maggior disponibilità del sistema. Tali risparmi si riflettono in una diminuzione degli oneri di esercizio per treno-chilometro compresa tra il 25 e il 35%. Si tratta di un miglioramento generale della produttività, piuttosto che di risparmi supplementari o cumulabili.

Per quanto riguarda le spese in conto capitale (CAPEX), la differenza tra sistemi automatici e convenzionali in termini di costi si riduce progressivamente. Benché gli impianti di segnalamento necessari per l'automazione integrale rappresentino un investimento significativo, il prezzo del materiale rotabile è simile a quello delle configurazioni convenzionali. Anche i dispositivi di sicurezza delle banchine e dei binari rappresentano un ulteriore investimento non trascurabile, tuttavia la loro diffusione oggi si estende al di là dei puri progetti di automazione, favorendo effetti di scala. Inoltre, la migliorata produttività consente di garantire una capacità equivalente con un numero ridotto di convogli, a fronte di una riduzione stimata del parco veicoli compresa tra il 5 e il 10%, contribuendo a limitare l'esposizione di capitale sul lungo termine.

Il ritorno sull'investimento in una metro automatica dipende quindi dalle scelte di investimento che consentono di ridurre in modo sostenibile i punti di attrito legati all'esercizio, alla manutenzione e al rinnovo futuro del sistema. Pertanto, per le autorità di trasporto pubblico, l'analisi economica non può essere limitata al costo iniziale del progetto, bensì deve integrare le prestazioni complessive del sistema nel tempo, tenendo conto dei costi di esercizio e manutenzione, delle esigenze di rinnovo e della qualità del servizio offerto ai passeggeri.

Strutturare i contratti affinché governance e condivisione dei rischi siano conformi dalla progettazione alla realizzazione

Non esiste un modello contrattuale o di finanziamento universale che garantisca di per sé il successo di un programma di automazione della rete metropolitana. A seconda del contesto del progetto, contratti di servizio pubblico, concessioni, finanziamenti pubblici, partenariato pubblico-privato (PPP) o modelli più collaborativi, come le alleanze, possono costituire soluzioni adeguate.

La scelta dipende in particolare dalla natura del programma, che si tratti di una nuova linea o dell'automazione di una linea esistente, dalle capacità tecniche e finanziarie dell'autorità di trasporto pubblico, dal livello di innovazione ricercato, nonché dalla chiarezza delle responsabilità e delle interfacce definite sin dalle fasi preliminari.

Se il modello di finanziamento è pubblico, l'autorità mantiene generalmente un forte controllo sull'ambito di applicazione, sulle scadenze e sulle decisioni strutturanti del progetto. Questa configurazione consente di mantenere una severa gestione pubblica, ma presuppone anche un coordinamento particolarmente rigoroso delle interfacce e dei processi decisionali, in particolare qualora diversi contratti coinvolgano fornitori di sistemi, imprese di costruzioni e operatori.

Le concessioni e i PPP possono rivelarsi efficaci quando sono ben definiti gli obiettivi a lungo termine e sono chiaramente stabilite le responsabilità. Allineando la progettazione, la costruzione, la gestione e la manutenzione su un arco temporale più lungo, garantiscono le prestazioni lungo l'intero ciclo di vita e la manutenibilità del sistema, anche oltre la messa in servizio. Tuttavia, richiedono un giusto equilibrio nella ripartizione dei rischi e dei meccanismi di incentivazione, affinché gli impegni assunti rimangano sostenibili nel tempo.

A prescindere dal modello scelto, il successo si basa sull'integrazione della governance e della gestione dei rischi nel contratto. Ingegneria civile, sistemi, materiale rotabile, segnalamento, monitoraggio, stazioni ed esercizio devono comporre una soluzione coerente. È più facile mantenere sotto controllo questa convergenza quando la soluzione selezionata integra precocemente il punto di vista del gestore. È pertanto possibile tradurre le esigenze operative in scelte progettuali prima che le modifiche diventino troppo costose.

Il contratto diventa quindi un quadro di riferimento che definisce le responsabilità decisionali, la gestione delle interfacce, i canali di escalation, nonché la disciplina quotidiana di gestione contrattuale ai fini della realizzazione.

Infine, la ripartizione dei rischi è destinata a favorire il coordinamento tra le diverse parti in causa. Se il rischio viene trasferito in misura eccessiva a un unico attore, i margini di sicurezza e i reclami si inaspriscono, con un conseguente aumento dei costi e rallentamento della risoluzione dei problemi. Viceversa, qualora i rischi rimangano troppo vaghi o non sia chiaramente identificato un responsabile, le questioni relative alle interfacce possono sfuggire di mano ed emergere solo in un secondo momento, quando sarà più difficile rettificarle.

La governance instaurata tra l'autorità di trasporti pubblici, il gestore e la direzione lavori è essenziale per garantire il corretto svolgimento del progetto.

Pierre Geneste
SYTRAL Mobilités
Direttore Operativo Metro e Capo Servizio Metro, Direzione Competenze Tecniche e Patrimonio

Nei progetti che comportano numerose interfacce o zone d'ombra, i modelli collaborativi rappresentano un'ottima soluzione. Permettono di far convergere tutti gli stakeholder verso lo stesso obiettivo: risolvere i problemi man mano che emergono piuttosto che cercare di attribuire le responsabilità. La sfida è passare da una cultura della ricerca del colpevole a una cultura della risoluzione.

Ian Pitcher
AECOM
Direttore Global Alternative Delivery

Il successo è raggiungibile solo se industriali, fornitori, operatori, responsabili della manutenzione e decision-maker politici lavorano mano nella mano, assicurando il coordinamento tecnico e la pianificazione.

Michel Obadia
Siemens Mobility APAC
Direttore Generale

È fondamentale coinvolgere, sin dalla fase di progettazione, il futuro gestore-responsabile della manutenzione o un operatore di tipo "shadow operator", per garantire il corretto esercizio della linea e la sua manutenibilità.

Thomas Paineau
Meridiam
Direttore Investimenti Senior

I contratti d'alleanza: modelli di partenariato per realizzazioni complesse

Benché il contratto di alleanza rimanga un meccanismo ancora relativamente innovativo nel campo dei trasporti pubblici, è sempre più considerato nel caso in cui grandi progetti comportino forti incertezze, vincoli evolutivi o un perimetro non ancora completamente definito da parte dell'autorità di trasporto pubblico. Nell'ambito dell'automazione della rete metropolitana, il modello dell'alleanza è interessante soprattutto per quanto riguarda il rischio di integrazione tecnologica: non si tratta tanto di controllare ogni componente presa isolatamente quanto di prendere rapidamente decisioni collettive per gestire interfacce complesse. In tale contesto, l'alleanza riunisce ingegneria civile, sistemi, materiale rotabile, stazioni ed esercizio in una stessa squadra dedicata alla realizzazione integrata.

Questo modello si fonda sulla trasparenza e su incentivi condivisi. In generale, si appoggia a una base di costo trasparente, un costo target definito di comune accordo e meccanismi di ripartizione sia dei guadagni sia dei disavanzi. La performance e gli eventuali scostamenti vengono così gestiti collettivamente, anziché essere trasferiti a una sola parte. Il costo target, ad esempio, viene spesso definito collettivamente durante la fase di sviluppo, anziché imposto fin dall'inizio.

In pratica, le alleanze hanno già dimostrato la loro efficacia nell'ambito di grandi infrastrutture di trasporto, come gli aeroporti, nonché in settori complessi, come quello della difesa, e sono utilizzate anche in alcuni programmi di metro automatica, in particolare in Australia. Acquisiscono pieno significato quando il committente pubblico accetta di assumersi il rischio di costo, mentre i partner aderiscono a una logica di trasparenza dei costi e i comportamenti collaborativi sono realmente sostenuti dalla governance, dalle competenze e dalla gestione del progetto. Sono possibili anche configurazioni ibride, in cui alcuni lotti sono gestiti in alleanza e altri con forme contrattuali diverse, a condizione che le interfacce siano chiaramente regolamentate.

In sintesi: Un'alleanza mira meno a "trasferire" il rischio che a scegliere partner impegnati nella stessa logica di interesse per il progetto. Il team può pertanto prendere rapidamente decisioni collettive e mantenere la coerenza della realizzazione, anche in un contesto incerto.

[2] UITP The benefits of full metro automation (2019)

Elaborare contratti di esercizio al servizio della flessibilità operativa

I contratti di esercizio devono essere ideati con l'obiettivo di garantire la performance durante l'intero ciclo di vita. Attraverso le scelte giuste per l'esercizio e il rinnovo del sistema, devono preservarne nel tempo la disponibilità, la manutenibilità e la capacità di essere rinnovato. Ciò vale particolarmente per i contratti di esercizio-manutenzione a lungo termine, in cui le progressive evoluzioni e la gestione dell'obsolescenza fanno parte della gestione quotidiana e devono essere chiaramente inquadrate. In numerosi contratti a lungo termine, i meccanismi di performance permettono di adeguare i pagamenti quando non sono garantite la disponibilità o la qualità del servizio. I risultati dipendono pertanto sia dai costi di esercizio che dall'esposizione a eventuali penali legate alla performance.

L'automazione crea valore anche grazie alla flessibilità d'esercizio. Consente di adattare l'offerta alla domanda in tempo reale, che si tratti di un evento noto o di una situazione imprevista. Questa versatilità permette di diminuire i costi energetici e di manutenzione evitando inutili treni-chilometri. Tuttavia, numerosi contratti di esercizio si basano ancora su indicatori fissi, quali la frequenza teorica o i chilometri commerciali. Tali indicatori consentono di monitorare gli impegni assunti, ma possono anche rinchiudere il sistema in piani operativi rigidi: gli adeguamenti della capacità si trasformano allora in negoziazioni contrattuali, invece di essere una vera carta vincente per l'esercizio.

Anche il modello retributivo svolge un ruolo importante poiché determina il modo in cui viene valorizzata tale flessibilità e la ripartizione del rischio in base alle entrate. Se i contratti sono a costo lordo (*gross cost*), i ricavi del trasporto passeggeri rimangono generalmente di competenza dell'autorità di trasporto pubblico, mentre il gestore viene retribuito con un importo forfettario, eventualmente integrato da incentivi. Se i contratti sono a costo netto (*net cost*), il gestore si impegna a garantire determinati livelli di ricavi, a fronte del versamento di una sovvenzione di equilibrio da parte dell'autorità di trasporto pubblico. Nei contratti a costo maggiorato invece (*cost plus fees*), al gestore vengono rimborsati i costi sostenuti con l'aggiunta di un margine. Questo modello può accompagnare una fase di avvio o una trasformazione di ampio respiro, ma richiede una governance rigorosa per preservare l'efficienza economica.

Per poter trarre il massimo vantaggio dall'automazione, i modelli contrattuali devono combinare chiare aspettative in termini di prestazioni e meccanismi di flessibilità operativa. Gli impegni di servizio possono essere definiti sotto forma di fasce orarie e regole di risposta, piuttosto che attraverso un orario unico e rigido. Possono essere integrati da incentivi che valorizzino la capacità di adattare l'offerta alla domanda: gestione dei picchi di affluenza, regolarità degli intervalli, rapido ritorno alla normalità dopo un evento che provoca un disservizio. Ciò presuppone anche un solido quadro di gestione delle evoluzioni del servizio, con prezzi unitari concordati e una governance chiara, allo scopo di adeguare rapidamente la capacità, mantenendo al contempo la trasparenza sui costi e sui rischi.

Il modello dell'alleanza crea una vera logica di successo collettivo in cui si vince o si perde insieme, favorendo comportamenti corretti tra tutte le parti in causa.

Jamie Burn

Suburban Rail Loop Authority
Direttore Package Linewide & Operations

Sono fermamente convinto che, in qualsiasi modello di alleanza, il gestore e il responsabile della manutenzione debbano essere coinvolti sin dall'inizio. Devono comprendere il sistema per garantire un esercizio efficiente, anche da un punto di vista dei costi. Associare tempestivamente l'operatore significa attribuire al progetto una visione a lungo termine.

Steve Butcher

John Holland
Direttore Generale e Direttore Esecutivo, Divisione Ferroviaria e Trasporti

I progetti di questo tipo si prestano particolarmente bene al modello di partenariato pubblico-privato (PPP), di cui rappresentano una delle forme più mature. Altamente complessi, combinano ingegneria civile, fornitura del sistema automatico e del materiale rotabile, con un operatore che agisce per conto del cliente e che garantisce la manutenzione e sostiene la visione a lungo termine del progetto.

Patrick Lauren

Plenary
Direttore Investimenti

Insegnamenti chiave

01 Costruire una roadmap a lungo termine per soddisfare le esigenze odierne e preparare le evoluzioni future

Il valore dell'automazione si gioca fin dalle fasi iniziali. Per le autorità di trasporto pubblico, il primo passo consiste nel definire l'obiettivo da raggiungere, per poi tradurlo in una roadmap realistica, che integri la pianificazione degli investimenti, la strategia relativa al materiale rotabile, le scelte tecnologiche e la preparazione delle infrastrutture.

Un percorso ben definito consente di contenere i costi nel lungo periodo. Allinea il giusto livello di investimento all'efficienza e alla performance attese durante l'esercizio, preservando al contempo la capacità di evoluzione del sistema.

02 Far collimare contratti, retribuzione e governance per agire in modo unanime

I progetti di metro automatica coinvolgono numerose interfacce: ingegneria civile, sistemi, materiale rotabile, stazioni, monitoraggio e gestione. Il loro successo dipende da solidi meccanismi di coordinamento, in grado di far collimare le varie decisioni, gestire le interfacce secondo una logica comune e risolvere le difficoltà prima della messa in servizio.

Questa disciplina richiede la scelta di modelli contrattuali adeguati al profilo di rischio del progetto, al livello di maturità dell'ambito di intervento e alle capacità delle parti coinvolte.

03 Integrare sin dalle fasi iniziali la visione del gestore-responsabile della manutenzione

È fondamentale integrare precocemente la visione di un gestore-responsabile della manutenzione esperto, o di un operatore di tipo "shadow operator" credibile, per appoggiare le scelte strategiche del progetto, le decisioni di progettazione, di acquisto e di governance. Questa impostazione permette di prendere in considerazione sin dall'inizio i vincoli operativi, le condizioni preliminari alla messa in servizio e la performance durante tutto il ciclo di vita, piuttosto che doverle rettificare in un secondo momento.

Parte III

Trasformare le reti metropolitane esistenti

Ammodernare le reti esistenti senza interromperne l'esercizio

Comprendere il punto di partenza: valutare la complessità della rete

I progetti di ammodernamento delle linee esistenti coprono realtà molto diverse tra loro: trasformazione di una linea convenzionale in una linea integralmente automatica, potenziamento verso livelli di automazione più elevati o modernizzazione di sistemi GOA4 già in esercizio. Quest'ultimo caso è sempre più frequente, dal momento che le prime generazioni di metro automatica stanno entrando attualmente nel ciclo di rinnovo.

Tuttavia, questi punti di partenza sono molto diversi se si considerano i rispettivi vincoli intrinseci, i rischi e l'interdipendenza operativa, benché rispondano alle stesse esigenze: mantenere il più possibile la continuità del servizio, limitare gli impatti per i passeggeri e controllare i rischi per il personale addetto all'esercizio.

La gestione di questa complessità comporta l'adozione di misure adeguate a ogni configurazione. Il punto di partenza è una diagnosi approfondita della rete esistente: architettura del sistema, interfacce, condizioni delle opere e degli impianti, obsolescenza, regole di esercizio e vincoli del servizio. Tale diagnosi permette successivamente di definire un percorso realistico, sequenze chiare di esecuzione dei lavori e una governance adatta ai vincoli del progetto.

Le diverse scelte diventano strutturanti, in particolare quelle relative all'architettura di segnalamento e di interdipendenza, alla strategia del materiale rotabile e al coordinamento dei sistemi critici adiacenti, che possono seguire cicli di evoluzione diversi, ma influire notevolmente sulla traiettoria nel suo complesso. La diagnosi deve inoltre integrare pienamente la dimensione umana, in particolare gli impatti sul personale, per favorire l'adesione di tutti gli stakeholder coinvolti nella transizione.

Pianificare una migrazione progressiva e controllata

Una volta realizzata la diagnosi, la sfida consiste nel definire un percorso di transizione che consenta di trasformare il sistema, mantenendo al contempo la continuità del servizio.

Le fasi di integrazione, qualifica e messa in servizio dipendono da un equilibrio particolarmente fragile.

Poiché le possibilità di collaudo fuori sito sono limitate, una parte importante delle operazioni di convalida deve essere condotta direttamente sulla rete in esercizio. Ogni prova deve pertanto soddisfare una duplice esigenza: testare sufficientemente il sistema limitandone al contempo l'impatto sul servizio.

In tale contesto, spesso l'impostazione più adatta è una strategia d'integrazione progressiva. Tale impostazione consente di introdurre gradualmente il nuovo sistema nella rete esistente, limitando le perturbazioni a livello operativo. Tuttavia, suppone l'elaborazione di un piano di migrazione con scadenze precise e gestito rigorosamente. Questo percorso generalmente combina l'implementazione progressiva dei sottosistemi, una strategia chiaramente definita per il materiale rotabile, nonché uno schema d'integrazione che consenta d'introdurre il nuovo sistema prima di estenderne gradualmente il perimetro operativo.

> *In un progetto di riqualificazione, il passaggio a un sistema GOA3 può essere una tappa interessante, che offre un buon ritorno sull'investimento, senza sostenere i costi elevati delle porte di banchina.*

Eric Peissel
WSP
Direttore Mondiale Trasporti e Infrastrutture

> *L'implementazione di progetti su linee esistenti è l'operazione più complessa, poiché comporta più interfacce e stakeholder da gestire.*

Marco Assorati
WeBuild
Senior Executive Vice President, Operations

Per numerosi progetti, questa transizione viene attuata convoglio per convoglio, dotando progressivamente i treni del nuovo sistema prima della loro integrazione operativa. Questo metodo permette una graduale stabilizzazione della performance dell'intero sistema, preservando la continuità del servizio, giorno dopo giorno.

In alcuni contesti è tuttavia possibile prevedere una transizione globale: in tal caso, l'intera flotta passa contemporaneamente al nuovo sistema, come illustra il caso della linea 14 della metropolitana di Parigi.

A questo punto, alcune scelte assumono un'importanza strutturante. Il segnalamento, compresi i sistemi di interdipendenza, determina la complessità dell'integrazione e il livello di sicurezza fornito. La strategia relativa al materiale rotabile determina, dal canto suo, le condizioni di coesistenza tra i treni di vecchia generazione e quelli modernizzati, nonché il progressivo potenziamento del sistema senza compromettere la stabilità dell'esercizio.

Altri sottosistemi possono diventare critici quando non si evolvono allo stesso ritmo: alimentazione elettrica, comando e supervisione, impianti delle stazioni, telecomunicazioni, ecc. Queste interdipendenze devono essere individuate con largo anticipo e gestite in un contesto unificato di gestione delle interfacce, allo scopo di trattare i rischi di integrazione prima della messa in servizio.

Infine, il piano di transizione deve essere strutturato con scadenze condivise tra gestore e progettista. Tutto ciò richiede una governance rigorosa, tappe di preparazione chiaramente definite e uno stretto coordinamento tra l'operatore, l'autorità di trasporto pubblico e i partner industriali. Il cronoprogramma deve inoltre integrare la trasformazione a livello professionale e occupazionale, affinché l'organico, la formazione e l'evoluzione delle mansioni siano coerenti rispetto a ogni fase della transizione.

Garantire l'affidabilità in condizioni reali di esercizio

Nell'ambito dei progetti di ammodernamento di linee esistenti, la credibilità è in gioco sin dal primo giorno. Dopo aver affiancato la realizzazione dei lavori alle normali modalità di esercizio, la linea modernizzata deve offrire un valore aggiunto immediatamente percepibile. L'affidabilità non può essere rimandata a una fase di stabilizzazione successiva, ma deve essere dimostrata sin dalla messa in servizio della nuova modalità operativa. Pertanto la fase di collaudo diventa una componente centrale del progetto. Al momento della messa in servizio, l'affidabilità del sistema e la maturità operativa dipendono in larga misura dagli elementi testati, corretti e convalidati prima che i passeggeri si trovino a confrontarsi con il nuovo esercizio della linea.

I test devono quindi essere intensi e progressivi. Dipendono dalla capacità delle aziende del settore di realizzare piattaforme di collaudo che riproducano il più fedelmente possibile le condizioni reali di esercizio. Sono necessari volumi di prova consistenti, che possono rappresentare diverse migliaia di ore, per mettere a punto progressivamente il sistema attraverso iterazioni successive, piuttosto che scoprire i malfunzionamenti durante l'esercizio commerciale. Oltre alla convalida tecnica, la preparazione si basa anche sulla capacità di reagire rapidamente. Occorre collaudare i circuiti di escalation, simulare gli scenari di crisi, ripetere le esercitazioni, affinché il personale della sala operativa centralizzata (SOC) e i responsabili sul campo acquisiscano i giusti riflessi in un ambiente senza personale a bordo, dove gli eventi possono rapidamente aggravarsi.

Tali obiettivi devono considerare le condizioni reali di esercizio. Numerose linee funzionano fino a venti ore al giorno, lasciando solo un intervallo di tempo ridotto la notte per la manutenzione. I programmi di collaudo devono considerare tale intervallo, senza il quale risulterebbe compromessa la capacità di manutenzione che garantisce la solidità dell'intero sistema. Per questo motivo è essenziale ottimizzare la fase di collaudo in origine e presso i siti dedicati per limitare al massimo l'impatto sull'esercizio.



Poiché l'attuale metropolitana si sta avvicinando al termine del proprio ciclo di vita, la manutenzione risulta sempre più difficile e incide sulla qualità del servizio, si è deciso di optare per una soluzione di metro automatica più flessibile e moderna.

Patrick Fedele
Régie des Transports Métropolitains (RTM - Marsiglia)
Responsabile del Centro METRO

La World Bank finanzia diversi tipi di progetti: nuove metropolitane, prolungamenti di linee esistenti o programmi di ammodernamento. Dal momento che si tratta di segnalamento e sistemi, i prolungamenti e gli ammodernamenti sono i progetti più complessi.

Edpo Covalciuk Silva
The World Bank
Specialista Senior dei Trasporti

Linea 14 di Parigi - Una prima mondiale: un ammodernamento da GOA4 a GOA4 condotto di pari passo a un importante prolungamento

La linea 14 della metropolitana parigina rappresenta un caso emblematico di ammodernamento da GOA4 a GOA4. Il progetto, realizzato da RATP Group per conto di Île-de-France Mobilités, autorità di trasporto pubblico, ha combinato il completo rinnovamento del sistema di guida automatica con un importante prolungamento della linea ed è stato anticipato di due anni rispetto al calendario iniziale per essere pienamente operativo per le Olimpiadi di Parigi 2024.

La realizzazione si è basata su una transizione graduale, con l'obiettivo di mantenere il controllo del sistema, la sicurezza e la continuità del servizio. I convogli sono stati rinnovati progressivamente, mentre le due flotte continuavano a circolare secondo la precedente modalità operativa. Una volta ultimato il rinnovo dei treni, le prove sono state realizzate facendo circolare i nuovi convogli sia con il vecchio che con il nuovo sistema. L'intera flotta è stata quindi trasferita in modo coordinato al nuovo sistema, prima della messa in servizio del prolungamento.

Il successo del progetto ha usufruito di una pianificazione rigorosa, un'esecuzione controllata, un programma di collaudo completo di 2.500 ore, uno stretto coordinamento tra i portatori d'interesse coinvolti e una collaborazione quotidiana tra i team addetti all'esercizio, alla manutenzione e al progetto. Un programma completo di formazione e di accompagnamento al cambiamento ha inoltre permesso al personale di acquisire familiarità con il nuovo sistema in condizioni ottimali.

Per i passeggeri, i disagi sono rimasti limitati: gli indicatori di puntualità e regolarità sono stati mantenuti al 100%, mentre le chiusure della linea sono state ridotte al minimo e accompagnate da un piano di comunicazione dedicato e da informazioni proattive per l'utenza.

Dalla conclusione del progetto di ammodernamento, l'obiettivo contrattuale del 99,5% nelle ore di punta è stato superato ogni mese e l'affluenza giornaliera è passata da 750.000 passeggeri nel 2023 a 820.000 all'inizio del 2026. Infine, nonostante la lunghezza della linea sia quasi raddoppiata, il consumo di energia di trazione è rimasto pressoché stabile.

Organizzare le interfacce affinché la città non si fermi durante il collaudo

L'ammodernamento delle linee esistenti richiede numerose interfacce: vecchi e nuovi impianti, numerosi attori coinvolti, continuità del servizio. La sfida è tanto più importante in quanto i sistemi metropolitani sono sempre più integrati. Le reti moderne non si basano più su una semplice giustapposizione di sottosistemi isolati: impianti in stazione, porte di banchina, ascensori e scale mobili, sistemi di informazione per i passeggeri e tecnologie di controllo sono ormai strettamente interconnessi.

In tale contesto, il coordinamento risulta essenziale per modernizzare la linea garantendo al contempo la continuità del servizio. Ciò richiede la presenza di un operatore in grado di coordinare tutti gli attori del progetto, chiarire le responsabilità e gestire le interfacce dall'inizio alla fine.

I progetti condotti sulle linee esistenti richiedono inoltre una stretta collaborazione con l'autorità di trasporto pubblico per gestire il calendario dei lavori, definire intervalli di interruzione accettabili, adottare soluzioni sostitutive e garantire informazioni coerenti per l'utenza.

Questa capacità di coordinamento deve poggiare su una solida organizzazione interna. Un progetto su una linea esistente non può essere condotto "parallelamente" all'esercizio, ma comporta un costante coordinamento tra fase operativa, manutenzione, sicurezza, esperienza dei passeggeri e team di progetto. Tale impostazione diventa particolarmente sensibile durante le fasi di coattività, durante le quali il vecchio e il nuovo sistema funzionano insieme.

La sala operativa deve essere in grado di gestire una circolazione mista e procedure evolutive. In deposito, è necessario adeguare costantemente le regole di sicurezza, man mano che i convogli automatici assumono importanza. L'implementazione della flotta richiede l'adeguamento delle aree di circolazione del personale e occorre adattare l'organizzazione, la formazione, la segnaletica e le routine di supervisione nel corso della transizione.

Pertanto, un rigoroso coordinamento riduce i rischi di integrazione e mantiene la fiducia del personale, dei passeggeri e degli stakeholder fino alla conclusione del progetto.

Automazione della linea 4 di Parigi - Ammodernare un'infrastruttura storica e incrementare la capacità

La linea 4 della metropolitana parigina è la perfetta illustrazione di come si possa ammodernare una linea ultracentenaria, aumentare la capacità e mantenere l'operatività per tutta la durata del progetto.

In seguito all'automazione della linea 1, nel 2016 sono iniziati i lavori di automazione della linea 4. Il progetto, condotto da RATP Group e finanziato integralmente da Île-de-France Mobilités, ha consentito l'ammodernamento di una delle linee con maggior affluenza della metropolitana parigina, senza importanti interruzioni del servizio.

Il programma prevedeva il passaggio da GOA2 a GOA4 e il prolungamento con due nuove stazioni, entrate in servizio nel 2022. La fase di transizione è durata dal settembre 2022 al dicembre 2023, con la circolazione simultanea di convogli driverless e convogli convenzionali, prima dell'automazione integrale della linea. Questo periodo ha permesso di effettuare i collaudi e di stabilizzare le routine di esercizio in condizioni reali, garantendo quotidianamente il servizio.

I risultati non si sono fatti attendere: il tasso di copertura dell'offerta nelle ore di punta è passato dal 91% al 102%. Il sistema ha pertanto dimostrato la sua capacità di assorbire gli adattamenti necessari nei periodi di punta senza degradare la regolarità, superando addirittura gli obiettivi stabiliti. Per quanto riguarda la sicurezza, in seguito all'installazione delle porte di banchina, le intrusioni sui binari sono state azzerate nel 2024.

Il prolungamento fino a Bagneux ha inoltre migliorato l'accesso al lavoro e all'istruzione e ha accompagnato la trasformazione visibile del quartiere intorno alla stazione, in particolare con la creazione di una nuova piazza destinata ad accogliere il futuro collegamento con la linea 15.



Garantire un'accettabilità a 360°

Mantenere sotto controllo l'impatto del progetto sul territorio e sugli utenti

I progetti di automazione delle linee esistenti richiedono uno sforzo continuo per costruire e mantenere l'accettabilità tra gli utenti. I lavori, le fasi di collaudo e i vincoli temporanei del servizio intervengono su una rete in esercizio e possono pertanto generare rapidamente insoddisfazione tra i passeggeri. L'accettabilità del progetto poggia inoltre sul coinvolgimento degli stakeholder locali, in particolare gli amministratori e i rappresentanti delle comunità interessate. La padronanza di tali impatti richiede uno stretto coordinamento con le autorità locali, sostenuto da una comunicazione chiara e coerente sul perimetro interessato dal progetto, i suoi obiettivi e il calendario previsto per la realizzazione.

L'accettabilità poggia su due pilastri complementari. Il primo consiste nell'accompagnare i passeggeri durante tutto il periodo in cui subiranno disagi. La comunicazione deve spiegare i motivi alla base del progetto e i vantaggi auspicati con parole incentrate sull'esperienza diretta dei passeggeri: affidabilità, capacità, comfort, continuità del servizio. Deve inoltre trattare la questione dell'assenza di macchinista con elementi concreti e rassicuranti da un punto di vista operativo. La metro automatica non deve dare l'impressione di un servizio disumanizzato: la presenza di agenti nei punti nevralgici, indicazioni di sicurezza chiare e messaggi rassicuranti contribuiscono a mantenere il clima di fiducia.

Parallelamente, i disagi previsti devono essere gestiti nel complesso: un piano di comunicazione a 360°, servizi sostitutivi affidabili, alternative multimodali ove possibile e un'assistenza visibile nelle stazioni e nei nodi di coincidenza più sensibili.

Il secondo pilastro consiste nel mantenere il controllo sul calendario e sulla percezione pubblica nel lungo periodo. La fiducia viene costruita su informazioni corrette, chiare e precise: gli impatti devono essere annunciaticon largo anticipo, indicando chiaramente il perimetro e la durata di ogni fase.

Poggia anche su misure di accompagnamento credibili: servizi sostitutivi adeguati, alternative multimodali coerenti e informazioni pratiche per aiutare i passeggeri a organizzare al meglio i loro spostamenti.

Questa informazione deve essere ripetuta e trasmessa su tutti i canali, diverse volte e con largo anticipo rispetto alle date chiave, affinché i passeggeri si sentano realmente informati e possano organizzarsi. Infine, la credibilità del progetto dipende dal rispetto degli impegni assunti: le scadenze annunciate devono essere rispettate.

L'accettabilità sociale: condizione del successo

L'automazione delle linee esistenti è tanto una trasformazione umana quanto un progetto tecnico. Di conseguenza, l'accettabilità sociale diventa una condizione di successo a tutti gli effetti. Deve assumere la forma di un programma strutturato di accompagnamento al cambiamento, allineato alle fasi fondamentali del progetto, man mano che i ruoli professionali, le responsabilità e gli ambienti di lavoro si evolvono in presenza di forti vincoli operativi.

Tale impostazione deve essere adottata fin dalle prime battute, con il coinvolgimento dei vari team. L'obiettivo è passare da una logica in cui il personale è semplicemente "interessato" dal cambiamento a una vera e propria appropriazione del progetto. Tutto ciò richiede spiegazioni sul senso della trasformazione, una roadmap leggibile e prospettive concrete di evoluzione o riorganizzazione, prima dell'avvio del progetto.

Tali prospettive possono assumere diverse forme, tra cui accesso a funzioni di supervisione o inquadramento per una parte del personale,

Il successo della transizione verso la metro automatica poggia anche sull'anticipazione del dialogo sociale e sull'evoluzione delle competenze e professionalità all'interno dei team.

Patrick Fedele

Régie des Transports Métropolitains (RTM - Marsiglia)
Responsabile del Centro METRO

Per garantire il successo di un progetto di automazione, è essenziale accompagnare il personale nel processo di cambiamento.

Pierre Geneste

SYTRAL Mobilités
Direttore Operativo Metro e Capo Servizio Metro,
Direzione Competenze Tecniche e Patrimonio

mobilità verso altre linee di grandi reti, evoluzione verso professioni a contatto con i passeggeri o verso la manutenzione, oppure gestione di fine carriera tenuto conto degli orizzonti di pensionamento.

Durante le fasi di esercizio misto, quando coesistono il vecchio e nuovo sistema, le regole di esercizio e le responsabilità evolvono continuamente. Esse devono essere applicate in modo omogeneo allo scopo di garantire il controllo del sistema e la sicurezza. Questo requisito dipende in larga misura dal coinvolgimento del personale. È pertanto indispensabile affiancare nel tempo i team, allo scopo di garantire il rispetto delle regole, mantenere la fiducia e assicurarne le competenze.

La transizione verso l'automazione solleva anche la questione della strategia delle risorse umane, al crocevia tra competenze, ripartizione demografica in azienda e trasmissione del know-how. La padronanza delle modalità operative si costruisce nel tempo. Si fonda sull'esperienza acquisita e sulla memoria operativa, rendendo pertanto la trasmissione un fattore chiave nelle fasi più impegnative.

È quindi possibile attuare diverse strategie, ciascuna con i propri compromessi in termini di competenze, organizzazione e accettabilità: affidarsi maggiormente ai giovani assunti, più flessibili, per facilitare la transizione, oppure ricorrere a profili più esperti per garantire la continuità e accelerare la trasmissione del know-how.

Tutte queste scelte dipendono anche dal dialogo sociale instaurato. In alcuni ambienti, il successo del progetto dipende da un dialogo strutturato con le organizzazioni sindacali e dagli accordi negoziati man mano che evolvono le competenze e il carico di lavoro. In altri, i vincoli possono essere meno stringenti. In qualsiasi caso, è essenziale instaurare un clima di fiducia, condividere la visione del progetto e illustrarne i vantaggi al personale per garantire la sostenibilità della trasformazione nel tempo.

Competenze end-to-end per una performance a lungo termine

RATP Group si fonda su un modello integrato che combina le competenze di un gestore-responsabile della manutenzione a un know-how ingegneristico. Questa impostazione end-to-end è particolarmente preziosa nell'ambito dei programmi di metro automatica in cui la performance dipende tanto dalle scelte progettuali ed esecutive quanto dall'esercizio quotidiano.

Nell'ambito dei progetti di automazione di linee esistenti, questa competenza permette di anticipare precocemente i rischi, di costruire traiettorie di migrazione realistiche e di gestire le interfacce tra opere di ingegneria civile, sistemi, materiale rotabile e stazioni. Rafforza inoltre la preparazione all'entrata in servizio, facendo collimare fasi di collaudo, di preparazione operativa e procedure di ripristino dell'esercizio in caso di eventi con impatti reali sull'operatività.

Dopo l'entrata in servizio del sistema, queste competenze integrate sostengono la gestione degli asset nel tempo. Le evoluzioni, le correzioni e i rinnovi rientrano in una gestione normale del ciclo di vita invece di diventare interventi pesanti, con importanti ripercussioni sul servizio.

Per le autorità di trasporto pubblico, questo modello offre una catena di responsabilità chiara e getta solide basi per garantire la performance sul lungo periodo.

In sintesi: Per poter trarre pienamente vantaggio dalla metro automatica, occorre una competenza integrata, che sia in grado di far collimare le scelte progettuali, la gestione degli asset e la performance in esercizio nell'ambito di una catena di responsabilità coerente.

Sono profondamente convinto che l'automazione sia innanzitutto un progetto di trasformazione sociale. Il suo successo non dipende solo dalla tecnologia, ma anche dalla capacità di trasformare questo cambiamento in una vera opportunità di crescita per le donne e gli uomini che erogano il servizio.

Jean-François Révah
TRANS/FORMATION
Psicosociologo e Presidente

Quando si introduce un sistema automatico, è essenziale trattare la dimensione umana con la debita attenzione. Occorre coinvolgere il personale a ogni fase della trasformazione e far evolvere i profili professionali esistenti verso le professionalità più qualificate per il futuro. La chiave di volta è una comunicazione diretta e un percorso chiaro di miglioramento delle competenze.

Lauren Streifer
Public Transport Association Australia and New Zealand
Direttrice Generale

Insegnamenti chiave

01 Contare su una capacità di miglioramento continua per l'automazione di linee esistenti

L'automazione di linee esistenti richiede una gestione continua, dalla diagnosi della rete, alla governance delle interfacce, passando per fasi preliminari condivise tra sicurezza, esercizio, manutenzione, sicurezza informatica e informazioni per gli utenti. Le autorità di trasporto pubblico devono definire una strategia di sequenziamento adatta a ogni progetto, salvaguardare gli intervalli per la manutenzione e strutturare il potenziamento con scadenze chiaramente stabilite: collaudo, funzionamento senza passeggeri, incremento progressivo della frequenza.

02 Considerare l'accettabilità a 360° una componente a tutti gli effetti del progetto e non un semplice argomento di comunicazione

L'automazione di una linea esistente viene implementata in una città che continua a vivere e su una rete che rimane in funzione. Ha necessariamente un impatto sui passeggeri, che ne subiscono i disagi, sul personale, a causa dell'evoluzione delle mansioni e delle fasi di coattività tra il vecchio e il nuovo sistema, nonché sugli stakeholder locali, a causa dei vincoli visibili in superficie, quali autorizzazioni, circolazione, accessi.

Garantire l'accettabilità da parte di tutte le parti interessate è quindi una condizione indispensabile per mantenere la continuità del servizio e preservare la fiducia. Le autorità di trasporto pubblico devono costruire, di concerto con l'operatore, un programma di accettabilità completo: chiare informazioni per l'utenza, servizi sostitutivi affidabili, alternative multimodali e presenza di agenti nei punti nevralgici.

03 Affidarsi a un integratore esperto, in grado di gestire interfacce complesse end-to-end

L'automazione delle linee esistenti richiede uno stretto coordinamento tra ingegneria, modalità operative, trasformazione dei profili professionali, sicurezza ed esperienza dei passeggeri, in particolare durante le fasi in cui coesistono il vecchio e il nuovo sistema.

In tale contesto, le autorità di trasporto pubblico devono privilegiare operatori che vantino una solida esperienza nell'automazione di reti e nei progetti di trasformazione complessi. Questi operatori devono essere in grado di far collimare le scelte tecniche e i vincoli di una rete in esercizio, di gestire le interfacce tra i vari portatori d'interesse e di garantire la performance del sistema sin dal primo giorno, mantenendo al contempo la fiducia nel lungo periodo.

Parte IV

Raggiungere l'eccellenza operativa

Sprigionare tutto il potenziale di sistemi altamente efficienti

L'automazione, cuore pulsante della performance

L'automazione innalza il livello di esigenza. L'eccellenza si misura in termini di regolarità, capacità di ripristinare rapidamente la normale operatività dopo un'interruzione e costanza del servizio giorno dopo giorno. La gestione delle prestazioni basata sui dati consente un vero e proprio salto di qualità: indicatori, segnali in tempo reale, individuazione precoce delle anomalie e costante adattamento man mano che si evolve la rete.

La sala operativa diventa quindi il punto nevralgico della performance. Supportata da interfacce ergonomiche e soluzioni di intelligenza artificiale, consente di monitorare in tempo reale i flussi di passeggeri e l'ambiente delle stazioni, di individuare precocemente le situazioni anomale e di attivare più rapidamente una risposta mirata. Sul campo, le professioni convergono verso professionalità più versatili, combinando assistenza ai viaggiatori, supervisione delle stazioni, manutenzione leggera e interventi rapidi.

Per le autorità di trasporto pubblico, gli strumenti a disposizione sono concreti: governance, ruoli e indicatori devono essere sempre adeguati al grado di maturità del sistema, con il supporto di modelli contrattuali che siano a loro volta in grado di evolversi.

IA e dati: nuove leve della performance

L'automazione apre nuove prospettive per l'esercizio, fondate sull'utilizzo dell'intelligenza artificiale e la condivisione dei dati. L'analisi in tempo reale consente di individuare i segnali deboli, di anticipare gli eventi e di accelerare il processo decisionale, sia in sala operativa che sul campo.

Grazie a dati multimodali centralizzati, l'IA è in grado di migliorare le informazioni per i passeggeri, monitorare l'affluenza, stimolare la domanda e contribuire alla pianificazione dell'offerta tra le diverse modalità. Consente inoltre di automatizzare una parte della risposta in caso di evento, per coordinare meglio i gestori quando la perturbazione si propaga sulla rete.

Questo cambiamento di paradigma richiede che i dati circolino lungo tutta la catena del valore. Gestori, fornitori, addetti alla manutenzione possono condividere i dashboard relativi allo stato della rete, alla qualità del servizio, al livello della sicurezza informatica, con responsabilità e regole di accesso chiaramente definite. Questa organizzazione permette inoltre di velocizzare la diagnosi, facilitare le evoluzioni del sistema e migliorare costantemente le prestazioni, senza compromettere il servizio.

Il futuro della metro automatica dipenderà probabilmente molto meno da ciò che vedono i passeggeri, anche se il miglioramento del servizio e del comfort rimane fondamentale, e più da ciò che accade dietro le quinte: nelle sale operative, nelle funzioni di back-office come la biglietteria elettronica o nei sistemi di gestione della manutenzione.

Antoine Lerat
CRRC Hong Kong
Vicedirettore Generale

Domani, ma in realtà già da oggi, l'intelligenza artificiale è integrata nel cuore del sistema: interagisce con le sue componenti, condivide dati sul loro funzionamento e contribuisce all'autovalutazione dei vari elementi della metro automatica.

Michel Obadia
Siemens Mobility APAC
Direttore Generale

L'adattabilità, gli standard aperti e l'open data stanno delineando una nuova era. La sfida non riguarda più solamente le infrastrutture, i sistemi o il materiale rotabile, ma anche i software e le piattaforme digitali.

Russell Jackson
AECOM
Direttore Generale, Global Transportation

Gestione degli asset: dalla manutenzione alla performance

Le metro automatiche comportano numerosi asset e integrano sempre di più software e componenti digitali. La sfida è quindi far evolvere la manutenzione per passare da una logica essenzialmente preventiva o correttiva a una manutenzione predittiva. Il monitoraggio dello stato reale degli impianti, i gemelli digitali e la manutenzione predittiva consentono di diminuire i guasti, di preservare la disponibilità del sistema e di limitare i costi dovuti ai disagi causati ai passeggeri.

A livello del Gruppo, la RATP registra una diminuzione dei costi di manutenzione pari al 25% grazie alla manutenzione predittiva. Questo programma ha inoltre permesso di trattare ed evitare 800 eventi sulle linee 1 e 14 della metropolitana parigina.

Anche l'obsolescenza diventa una sfida di primo piano. I componenti digitali, e in particolare i sistemi di comunicazione, conoscono un'evoluzione più rapida degli impianti ferroviari tradizionali. Le evoluzioni, le correzioni e i rinnovi devono essere considerati interventi ricorrenti e controllati. Per le autorità di trasporto pubblico, la chiave di volta risiede in una governance chiara e impegni contrattuali espliciti con responsabilità ben definite tra fornitori, impegni di manutenzione e fornitura di pezzi di ricambio a lungo termine, percorsi evolutivi prevedibili e sistemi in grado di evolvere senza compromettere il servizio.

La metro automatica, campo d'innovazione su larga scala

Sprigionare tutto il potenziale della metro automatica significa anche farne un vero e proprio laboratorio d'innovazione in esercizio. È pertanto possibile testare nuove soluzioni in condizioni reali, in un contesto sicuro, prima dell'implementazione su larga scala.

Man mano che i sistemi integrano sempre più software, il valore deriva dal miglioramento continuo e non solo dalla messa in servizio iniziale. Ciò presuppone un ambiente di sperimentazione strutturato, una governance chiara, regole di sicurezza e cybersecurity severe, nonché protocolli di collaudo e approvazione condivisi.

A condizione che siano correttamente progettati, tali laboratori d'innovazione accelerano l'apprendimento, riducono i rischi di implementazione e permettono alle autorità di trasporto pubblico di trasformare l'innovazione in miglioramenti misurabili della performance.

La realtà dietro l'automazione H24, 7 giorni su 7

L'automazione alimenta spesso la promessa di una metro che non si ferma mai. Di fatto, sarebbe possibile garantire un esercizio H24, 7 giorni su 7 benché non sia uno standard GOA4. Sono necessari infatti sistemi progettati sin dall'origine per garantire un servizio continuo, modelli operativi strutturati con strategie di manutenzione esigenti e soprattutto team capaci di intervenire quando l'automazione raggiunge i propri limiti.

Questa disponibilità continua si scontra tuttavia con un vincolo strutturale: la manutenzione. Le metro automatiche richiedono ispezioni frequenti, operazioni di calibrazione, sostituzione dei componenti e regolari aggiornamenti software. Quando le infrastrutture e i modelli operativi sono progettati sin dall'origine affinché coesistano esercizio e manutenzione, il servizio H24 diventa una realtà.

In caso contrario, per proporre un esercizio continuo 7 giorni su 7 è necessaria una perfetta padronanza dell'intero sistema e delle sue interfacce, sia per il trasporto che per i servizi erogati ai passeggeri. Tutto ciò richiede importanti adattamenti organizzativi e una precisa anticipazione dell'impatto sulla performance complessiva del sistema, anche in seguito a eventi. Oltre alla fattibilità tecnica, l'esercizio continuo è soprattutto una decisione economica. In alcune città, una domanda notturna significativa e obiettivi di politica urbana possono giustificare il servizio notturno. In altre metropoli, fasce orarie estese la sera, dispositivi specifici il fine settimana o servizi adatti in occasione di alcuni eventi permettono di ottenere i vantaggi essenziali a minor costo.

In sintesi: L'automazione può permettere un esercizio H24, 7 giorni su 7, prolungato nel tempo, a condizione che vengano operate scelte progettuali specifiche sin dalla fase iniziale e previste solide capacità umane. Per l'autorità di trasporto pubblico, la vera sfida consiste quindi nel determinare se questo modello è realmente pertinente sul proprio territorio.

L'automazione consente di migliorare le reti esistenti integrando sistemi di segnalamento ad alta capacità, all'interno delle infrastrutture attuali.

Ian Pitcher
AECOM
Direttore Global Alternative Delivery

Il futuro della metro automatica dipenderà dal monitoraggio in tempo reale dello stato degli impianti e da una manutenzione sempre più automatizzata: implementazione di soluzioni pilotate grazie ai dati, maggior ricorso alla robotica nei depositi e creazione di veri centri tecnici dedicati alla manutenzione.

Boon Cheow Yee
Land Transport Authority (LTA) Singapore
Vicedirettore Generale, Infrastruttura & Sviluppo

Man mano che aumentano i costi d'investimento e d'esercizio, il futuro della metro automatica farà emergere indubbiamente tensioni tra impostazione tradizionale e innovazione. Gli industriali dovranno ispirarsi maggiormente ad altri settori e osare la sperimentazione.

Russell Jackson
AECOM
Direttore Generale, Global Transportation



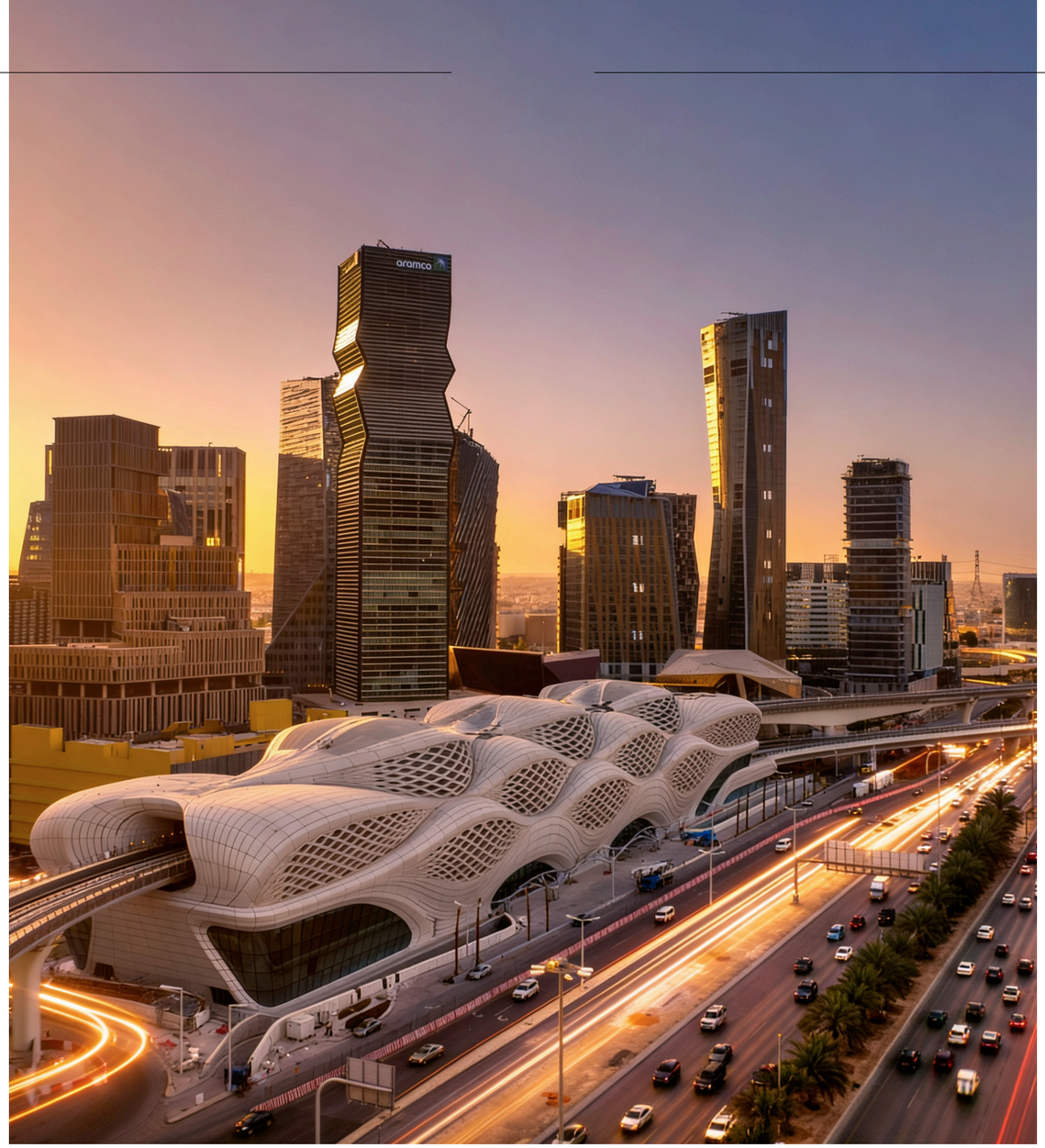
Sprigionare tutto il potenziale per i passeggeri e per la città

Un'esperienza fluida, incentrata sull'interazione umana

In un sistema automatizzato, l'eccellenza del servizio viene costruita a ogni tappa del percorso dei passeggeri e l'informazione in tempo reale ne è uno dei pilastri essenziali: deve essere coerente, proattiva, multicanale, multimodale e accessibile a tutte le fasce di pubblico. I dati sull'affluenza permettono di ripartire meglio i passeggeri sulle banchine, contribuendo a migliorare il comfort, la fluidità degli spostamenti e la sensazione di sicurezza. Anche la segnaletica nelle stazioni svolge un ruolo essenziale, orientando i passeggeri verso le uscite più adatte al loro itinerario o i percorsi più brevi, in particolare per facilitare l'accesso agli ascensori e alle coincidenze.

Al di là dell'itinerario, gran parte dell'esperienza dei passeggeri si gioca infatti nelle stazioni. I programmi di automazione costituiscono spesso un'opportunità per trasformare questi spazi in luoghi più accoglienti, integrando nuovi servizi e negozi. L'architettura, l'illuminazione e la segnaletica contribuiscono a migliorare la leggibilità degli spazi e la sensazione di sentirsi al sicuro, offrendo un percorso più fluido, più sereno e meglio controllato da un'estremità all'altra.

La dimensione culturale, che si tratti di opere d'arte, del patrimonio o di referenze locali, può inoltre rafforzare l'identità del luogo e facilitare l'orientamento dei passeggeri, creando legami più stretti con il loro territorio.



Sviluppo urbano orientato al trasporto e servizi urbani: nuove fonti di valorizzazione

Quando la metro automatica viene pienamente integrata nel tessuto urbano, crea valore ben al di là della mobilità. Lo sviluppo urbano orientato al trasporto (*Transit-Oriented Development* - TOD) permette di collegare le stazioni alle zone residenziali, ai quartieri d'affari e ai servizi della città. Può anche accelerare la rigenerazione dei quartieri situati attorno alle nuove stazioni o a poli di scambio moderni.

Questa integrazione urbana poggia inoltre su una più ampia valorizzazione delle infrastrutture della metropolitana al servizio della città e del territorio circostante. Il recupero del calore contribuisce ad alimentare le reti di riscaldamento urbano, mentre le gallerie possono accogliere infrastrutture per la fibra ottica. Le estensioni possono favorire lo sviluppo di alloggi sociali o programmi immobiliari misti attorno alle stazioni, ma anche sopra infrastrutture esistenti.

Tali sinergie tra trasporto, energia, digitale e pianificazione urbana permettono di garantire la sostenibilità della metropolitana in una logica più ampia di

La cultura come potente acceleratore di radicamento locale e di appropriazione da parte del pubblico

Integrando l'arte, il patrimonio e i riferimenti locali fin dalla fase di progettazione, le stazioni diventano veri e propri punti di riferimento urbani, che rafforzano l'identità del luogo, facilitando l'orientamento e migliorando il comfort dei viaggiatori.

A Parigi, la stazione Louvre-Rivoli ne è un esempio emblematico, con riproduzioni che fanno eco alle opere esposte nel celebre museo. Al Cairo, RATP Dev ribadisce la sua volontà di valorizzazione del patrimonio culturale e artistico egizio nelle stazioni della linea 3 della metropolitana.

Le linee automatiche sono spesso quelle che si classificano meglio da un punto di vista della soddisfazione dei passeggeri. Tuttavia, non dipende solo dall'automazione: stazioni moderne, porte di sicurezza ed elevata affidabilità svolgono un ruolo altrettanto determinante.

Fatima Arroyo-Arroyo
The World Bank
Specialista dei Trasporti Senior e Corresponsabile Mondiale della Mobilità Urbana

Le future evoluzioni dipenderanno dall'integrazione del sistema di trasporti nella città, soprattutto grazie allo sviluppo transit-oriented e alla realizzazione delle infrastrutture adiacenti.

Thomas Paineau
Meridiam
Direttore Investimenti Senior

Numerosi progetti combinano trasporti e sviluppo immobiliare. È essenziale quando i poteri pubblici desiderano migliorare l'attrattiva della rete e i collegamenti tra le zone residenziali e i quartieri d'affari.

Patrick Lauren
Plenary
Direttore Investimenti

Il futuro della metro automatica poggia anche sulla capacità di trarre vantaggio dalla flessibilità favorita dall'automazione, in particolare per adattare la frequenza del servizio alla domanda.

Kenji Murasaki
JR East
Division Senior Manager

servizi urbani integrati. Contribuiscono pertanto a rafforzare la creazione di valore per i territori, nonché a migliorare la qualità urbana nel tempo.

La versatilità al servizio della città

La principale carta vincente della metro automatica risiede nella flessibilità offerta in fase di esercizio. Con procedure consolidate e strumenti adatti, il ventaglio delle possibilità è infinito: rapida inversione dei convogli, isolamento degli eventi, mantenimento del servizio sul resto della linea.

Qualora la strategia della flotta lo consenta, è possibile adattare ulteriormente la capacità in base alla scelta del materiale rotabile: convogli ad alta capacità nelle ore di punta, composizioni più leggere quando diminuisce l'affluenza per evitare inutili consumi di energia. In futuro, i sistemi saranno in grado di adattare l'offerta in tempo reale alla domanda, sia essa prevedibile o improvvisa, senza trasformare ogni adattamento in una rinegoziazione contrattuale. Ciò presuppone capacità di previsione, il monitoraggio in tempo reale dell'affluenza e un modello operativo in grado di innescare rapidamente una risposta mirata.

Questa versatilità genera nuovo valore per le città. Le metro automatiche sono in grado di garantire l'esercizio di corridoi ad altissima capacità, collegando i principali siti ai quartieri nevralgici e adeguando rapidamente l'offerta durante i picchi della domanda, come nel caso della metropolitana di Doha durante i Mondiali di calcio del 2022.

A Parigi, in occasione della crisi sanitaria, l'offerta è stata talvolta ridotta fino al 50% nelle ore di minor affluenza, mentre le linee automatiche 1 e 14 hanno mantenuto un livello di servizio normale. Questa continuità ha permesso di evidenziare la solidità dell'esercizio senza macchinista in caso di importanti restrizioni di personale.

Al contrario, quattro anni dopo, in occasione della cerimonia di apertura delle Olimpiadi di Parigi 2024, le linee automatiche 1, 4 e 14 hanno garantito un servizio H24 in alcune stazioni, dimostrando la capacità dell'automazione di supportare eventi di ampio respiro.

Le stazioni, autentici luoghi di vita all'interno della città

Le stazioni delle linee automatiche vengono sempre più progettate come veri e propri poli urbani e non come semplici luoghi di passaggio. La sfida consiste nel trasformare infrastrutture attraversate rapidamente in spazi vivaci, che combinino negozi, servizi e strutture pubbliche, in un ambiente intuitivo, sicuro e accogliente per tutta la giornata.

A Sydney, i progetti integrati attorno alle stazioni collegano le nuove stazioni della metropolitana a spazi commerciali e servizi di prossimità attraverso percorsi pedonali più fruibili. L'accesso alle stazioni e la loro visibilità sono essenziali: gli edifici devono essere chiaramente segnalati, facili da reperire e dotati di un impianto d'illuminazione di qualità.



In futuro, potremo spingerci oltre sfruttando i dati per anticipare meglio la domanda e adattare l'offerta di trasporto.

Boon Cheow Yee
Land Transport Authority (LTA) Singapore
Vicedirettore Generale, Infrastruttura & Sviluppo

I sistemi di metro automatica offrono una maggiore flessibilità per soddisfare la domanda dei passeggeri grazie a intervalli dinamici tra i convogli.

Antoine Lerat
CRRC Hong Kong
Vicedirettore Generale

Insegnamenti chiave

01 Trarre pienamente vantaggio dalle capacità della metro automatica

Ottimizzare la performance dell'esercizio e della manutenzione significa appoggiarsi a un sistema solido, arricchito da tecnologie avanzate (analisi dei dati, IA, robotica) e supportato da comprovate competenze operative. Combinati, questi fattori rafforzano l'efficienza, l'affidabilità e la versatilità del sistema. Permettono di adattare l'offerta alla domanda, di ottimizzare i costi e di ridurre l'impatto ambientale.

02 Mettere le tecnologie avanzate e i rapporti umani al servizio dell'esperienza dei passeggeri

La qualità del percorso dei passeggeri determina l'eccellenza del servizio. Le tecnologie avanzate aprono nuovi orizzonti, dall'informazione personalizzata grazie all'IA ai robot autonomi. Tuttavia, la presenza umana rimane insostituibile. L'automazione permette agli agenti di concentrarsi maggiormente sull'assistenza ai passeggeri. È questa combinazione tra tecnologia e presenza umana che permette di offrire un'esperienza di altissimo livello.

03 Integrare la metropolitana nella città per creare più valore per i territori

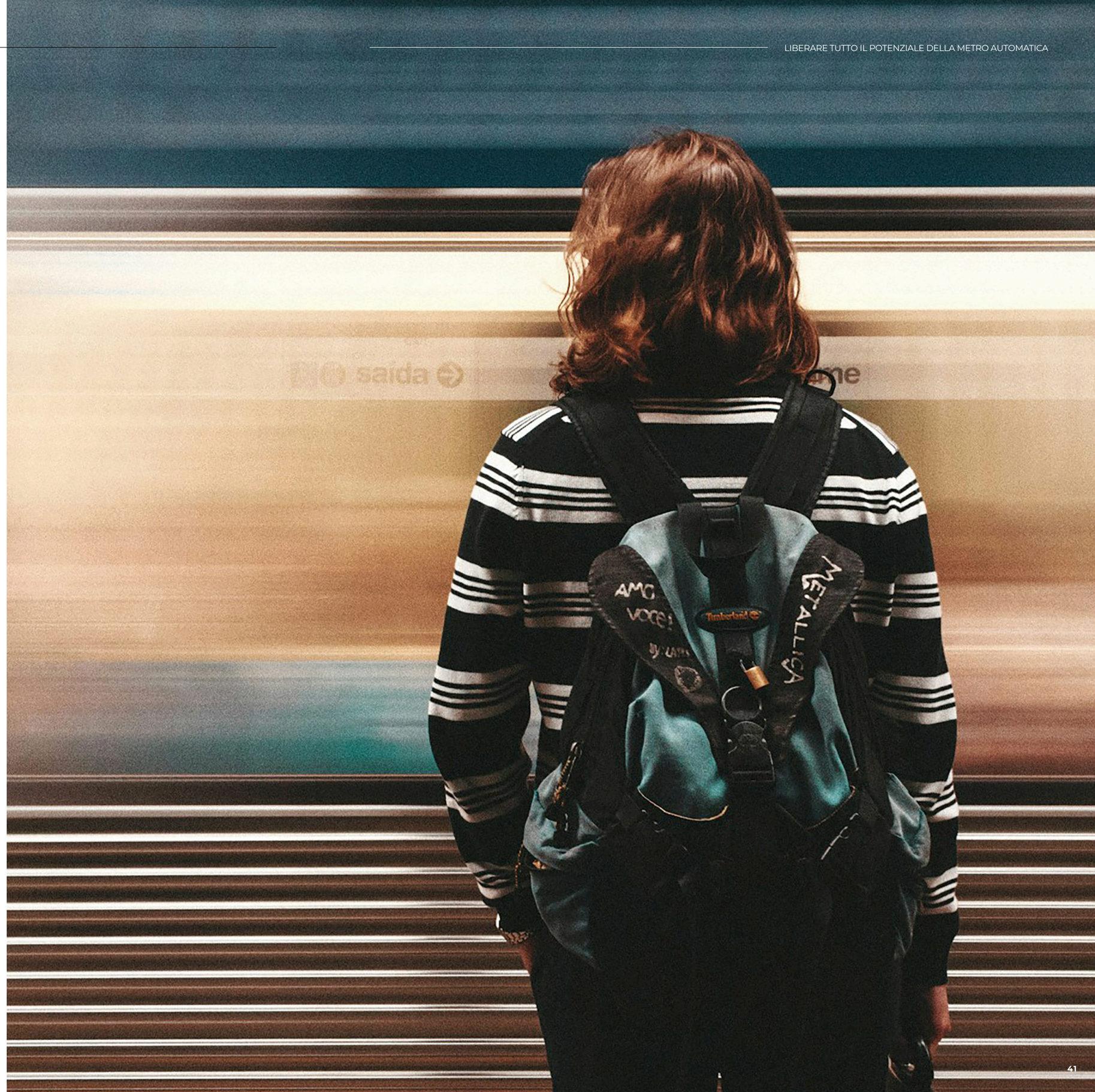
Il valore della metro automatica va ben oltre la mobilità. Integrando le stazioni nella vita dei quartieri grazie a servizi di prossimità e valorizzandone le infrastrutture per altri usi urbani (fibra ottica, recupero del calore), la metro automatica diventa un fattore della trasformazione urbana e contribuisce a migliorare la qualità della vita in città.

Conclusione

Per liberare tutto il potenziale della metro automatica occorrerà la capacità degli attori del settore di gestire una complessità tecnica crescente, di far evolvere i modelli di finanziamento e di rafforzare la cooperazione tra tutte le parti interessate.

Il futuro della metro automatica dipenderà meno dalla pura innovazione tecnologica e più dalla capacità degli attori coinvolti di coordinare le loro competenze, responsabilità e obiettivi. La cooperazione non sarà più solo una questione di buone pratiche: diventerà una condizione essenziale per il successo, sia per i progetti di nuove reti che per l'automazione delle linee esistenti.

LIBERARE TUTTO IL POTENZIALE DELLA METRO AUTOMATICA



Ringraziamenti

Si ringraziano calorosamente tutti coloro che hanno contribuito a questa iniziativa e hanno condiviso la loro esperienza, le loro competenze e le loro prospettive.

Ringraziamo inoltre gli esperti di RATP Group, in particolare i membri del Club Métro Automatique, nonché il nostro partner Eurogroup Consulting, per il prezioso contributo all'ideazione, all'arricchimento e alla realizzazione di questo libro bianco.

LIBERARE TUTTO IL POTENZIALE DELLA METRO AUTOMATICA

Contributori

Autorità di trasporto pubblico
- Stéphane Maillet, Capo del Dipartimento Sistemi di Trasporto, Direzione Ferroviaria, Île-de-France Mobilités (Parigi)
- Boon Cheow Yee, Vicedirettore Generale, Infrastruttura & Sviluppo, Land Transport Authority (LTA - Singapore)
- Jamie Burn, Direttore Package Linewide & Operations, Suburban Rail Loop Authority (SRLA - Melbourne)
- Pierre Geneste, SYTRAL Mobilités, Direttore Operativo Metro e Capo Servizio Metro, Direzione Competenze Tecniche e Patrimonio

Finanziatori
- Thomas Paineau, Direttore Investimenti Senior, Meridiam
- Patrick Lauren, Direttore Investimenti, Plenary
- Arturo Ardila-Gomez, Lead Transport Economist, The World Bank
- Edpo Covalciuk Silva, Specialista dei Trasporti Senior, The World Bank
- Fatima Arroyo-Arroyo, Specialista dei Trasporti Senior e Corresponsabile Mondiale della Mobilità Urbana, The World Bank

Uffici di progettazione
- Russell Jackson, Direttore Generale, Global Transportation, AECOM
- Ian Pitcher, Direttore Global Alternative Delivery, AECOM
- Veronica Vanterpool, Vicepresidente Senior, Responsabile Trasporti Pubblici per le Americhe, AECOM
- Eric Peissel, Direttore Mondiale Trasporti e Infrastrutture, WSP

Imprese di costruzioni
- Steve Butcher, Direttore Generale e Direttore Esecutivo, Divisione Ferroviaria e Trasporti, John Holland
- Marco Assorati, Senior Executive Vice President, Operations, WeBuild

Industrie
- Michel Obadia, Direttore Generale, Siemens Mobility APAC
- Sophie Espié, Direttrice Strategia, Vendite e Bandi di Gara, Siemens Mobility France
- Jean-Christophe Lebreton, Direttore Tecnico, Siemens Mobility France
- Antoine Lerat, Vicedirettore Generale, CRRC Hong Kong
- Christophe Serge Glava, Direttore Tecnico, CRRC Hong Kong

Operatori
- Kenji Murasaki, Division Senior Manager, JR East
- Patrick FEDELE, Responsabile del Centro METRO, Régie des Transports Métropolitains (RTM - Marsiglia)
- Esperti di RATP Group

Mondo accademico
- Federico Antoniazzi, Direttore del Master Specializzato Sistemi di Trasporto Ferroviari e Urbani, École Nationale des Ponts et Chaussées
- Jean-François Révah, Psicosociologo, Presidente di TRANS/FORMATION

Associazioni di trasporti pubblici
- Lauren Streifer, Direttrice Generale, Public Transport Association Australia and New Zealand (PTAANZ)
- Union Internationale des Transports Publics (UITP)

RATP Dev

Una competenza unica nel campo della metro automatica, adatta a qualsiasi contesto

RATP Dev è una filiale di RATP Group, leader nel campo della metro automatica e terzo operatore mondiale di trasporti urbani. Il Gruppo vanta oltre un secolo di esperienza nell'esercizio della rete parigina, una delle più fitte e più esigenti al mondo, in costante evoluzione.

RATP Dev fornisce le sue competenze di livello mondiale, adatte alle sfide locali, nella gestione delle reti di trasporto urbane in tutto il mondo, con oltre 120 operazioni in 16 paesi.

All'ascolto dei nostri clienti, adattiamo il nostro know-how alle realtà locali per sviluppare soluzioni su misura che combinano efficienza operativa, performance economica e qualità del servizio.

Siamo impegnati a favore di un migliore trasporto pubblico, ogni giorno, ovunque e per tutti, affinché diventi una scelta naturale delle città e dei passeggeri.

Club Métro Automatique

RATP Group ha creato il Club Métro Automatique con l'obiettivo di condividere, strutturare e valorizzare le competenze sviluppate nel corso di vari decenni di progetti condotti in Francia e a livello internazionale.

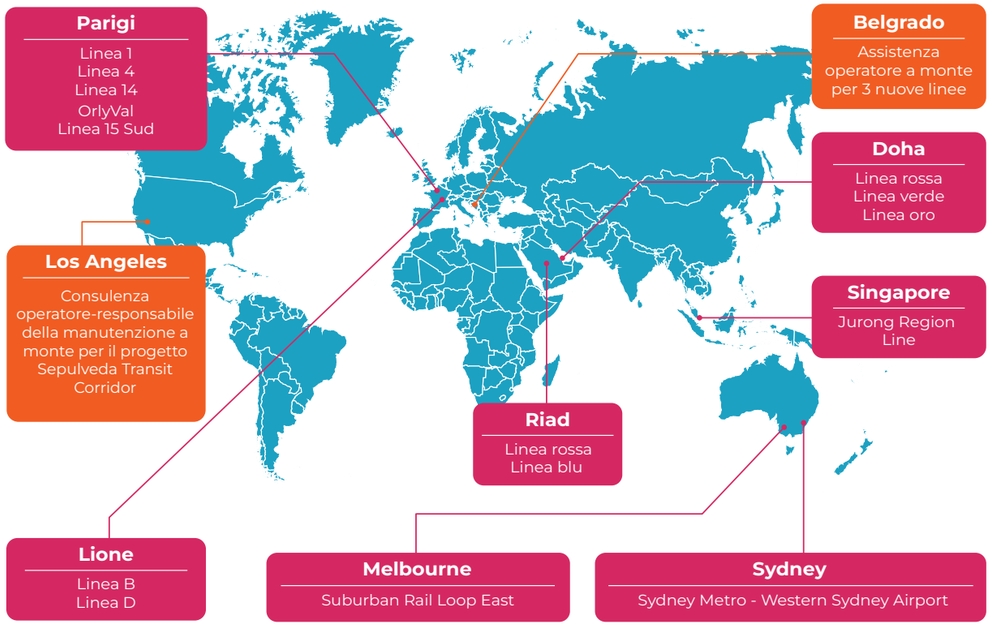
Il Club riunisce una ventina di esperti mondialmente riconosciuti nel campo della metro automatica. La diversità dei loro percorsi, delle loro competenze e dei progetti condotti dal Gruppo conferisce loro una visione trasversale delle sfide legate alla progettazione, all'esercizio, alla manutenzione e all'ammodernamento dei sistemi di metro automatica.

30
linee di
metropolitana, di cui 15 automatizzate, attualmente o prossimamente in esercizio

1,9
miliardi di
viaggi all'anno sulle nostre linee, di cui **720 milioni** sulle nostre linee di metro automatica

590
km
di linee di metropolitana, di cui oltre **330 km** di metro automatica

RATP Group
Metro automatica: presenza nel mondo



RATP Group
Pioniere della metro automatica dal 1952

75 anni d'innovazione



1952 – Prime sperimentazioni di guida automatica sulle linee della metropolitana.

1979 – Il 90% della rete parigina usufruisce della guida automatica con personale a bordo.

1991 – Entrata in servizio di OrlyVal, prima linea della metropolitana integralmente automatica a Parigi.

1998 – Entrata in servizio della linea 14 della metropolitana parigina, prima linea integralmente automatica ad alta capacità.

2012 – Automazione integrale della linea 1, la più antica e più frequentata della rete parigina, senza importanti interruzioni della circolazione dei treni.

2017 – La linea RER A diventa la prima linea ferroviaria ad alta capacità dotata di guida automatica sulla tratta centrale parigina.

2023 – Automazione integrale della linea 4, seconda linea più frequentata della rete parigina, senza importanti interruzioni della circolazione dei treni.

2024 – Prima mondiale: rinnovo completo del sistema di guida automatica della linea 14, da GOA4 a GOA4, di pari passo con un prolungamento significativo, senza importanti interruzioni della circolazione dei treni.

Direttrice della pubblicazione
Cécile Tuil

Ideazione-Realizzazione
Eurogroup Consulting

Crediti fotografici
- Antoine Jallas / RATP
- Bruno Marguerite / RATP
- Cyrus Cornut / RATP
- Envato
- Eric Soudan / Alpaca Productions - SYTRAL Mobilités
- Estelle Revesche-Pucharski / RATP
- Frederic Prochasson / iStock
- Gérard Rollando / RATP
- Magnific
- RATP Dev
- RCRC
- Unsplash
- Xavier Chibout / RATP

Maggio 2026

LIBERARE TUTTO IL POTENZIALE DELLA METRO AUTOMATICA





RATP DEV

Liberare tutto il potenziale della metro automatica

Approfondimenti dall'ecosistema globale

ratpdev.com