

Novità

Il patrimonio strategico delle gallerie tra passato e futuro

ETS, seguendo la propria missione di sostegno alle committenti e ai gestori di infrastrutture attraverso l'utilizzo delle più innovative soluzioni tecnologiche, continua a innovare il settore implementando l'Intelligenza Artificiale (AI) nel metodo MIRET

Le infrastrutture sotterranee da sempre stimolano l'ingegno umano e sfidano tecnologia e scienza affinché sia possibile realizzare alternative strategiche all'urbanizzazione e velocizzare i trasferimenti e il trasporto.

Secondo i dati di ANSFISA, l'Italia, a causa della conformazione orografica del territorio, conta almeno 2.179 gallerie stradali (quelle di pertinenza alla rete Trans-europea dei Trasporti), e 1.633 gallerie ferroviarie, presentando numeri tra i più alti di tutta Europa. Anche la loro longevità è notevole, infatti, se il 50% delle gallerie stradali è in esercizio da più di trent'anni e il 65% di quelle ferroviarie da più di cinquant'anni¹. Tuttavia, sono frequenti anche strutture risalenti a più di cento anni fa.

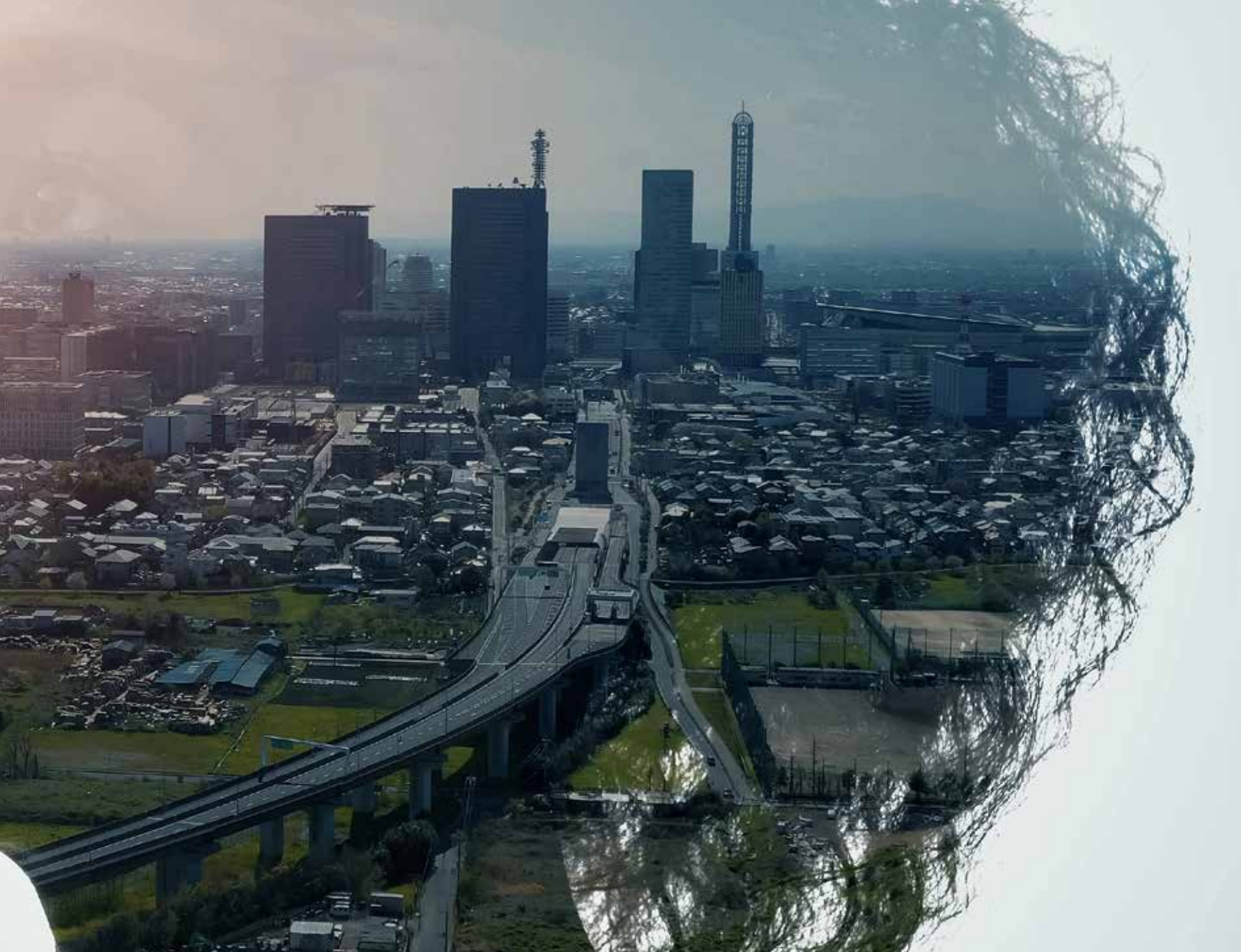
È facile quindi immaginare quanto sia cruciale e strategico per il Paese che la manutenzione e

la sicurezza di questo patrimonio ingegneristico, anche alla luce dell'adattamento al cambiamento climatico, sia garantita e monitorata in modo strutturato e affidabile.

È altrettanto intuitivo il vantaggio tecnico e gestionale che la tecnologia può e deve dare a questo settore: negli ultimi anni i sistemi di ispezione digitalizzati hanno confermato le proprie potenzialità, e oggi è l'Intelligenza Artificiale a giocare la sfida più prestigiosa.

ETS, seguendo la propria missione di sostegno alle committenti e ai gestori di infrastrutture attraverso l'utilizzo delle più innovative soluzioni tecnologiche, non ha perso il proprio appuntamento con questa stimolante sfida, e continua a innovare il settore implementando l'Intelligenza Artificiale (AI) nel metodo MIRET (Management and Identification of Risks for Existing Tunnels):

**Federico Foria,
Mario Calicchio,
Francesco Panico,
Marianna Brichese**
**ETS, via Benedetto
Croce 68, Roma**



MIRET-Tunnel AI è, infatti, il nuovo strumento in uso da settembre 2023, che in pochi mesi ha già supportato gli operatori nel lavoro di diagnostica su 50 chilometri di gallerie.

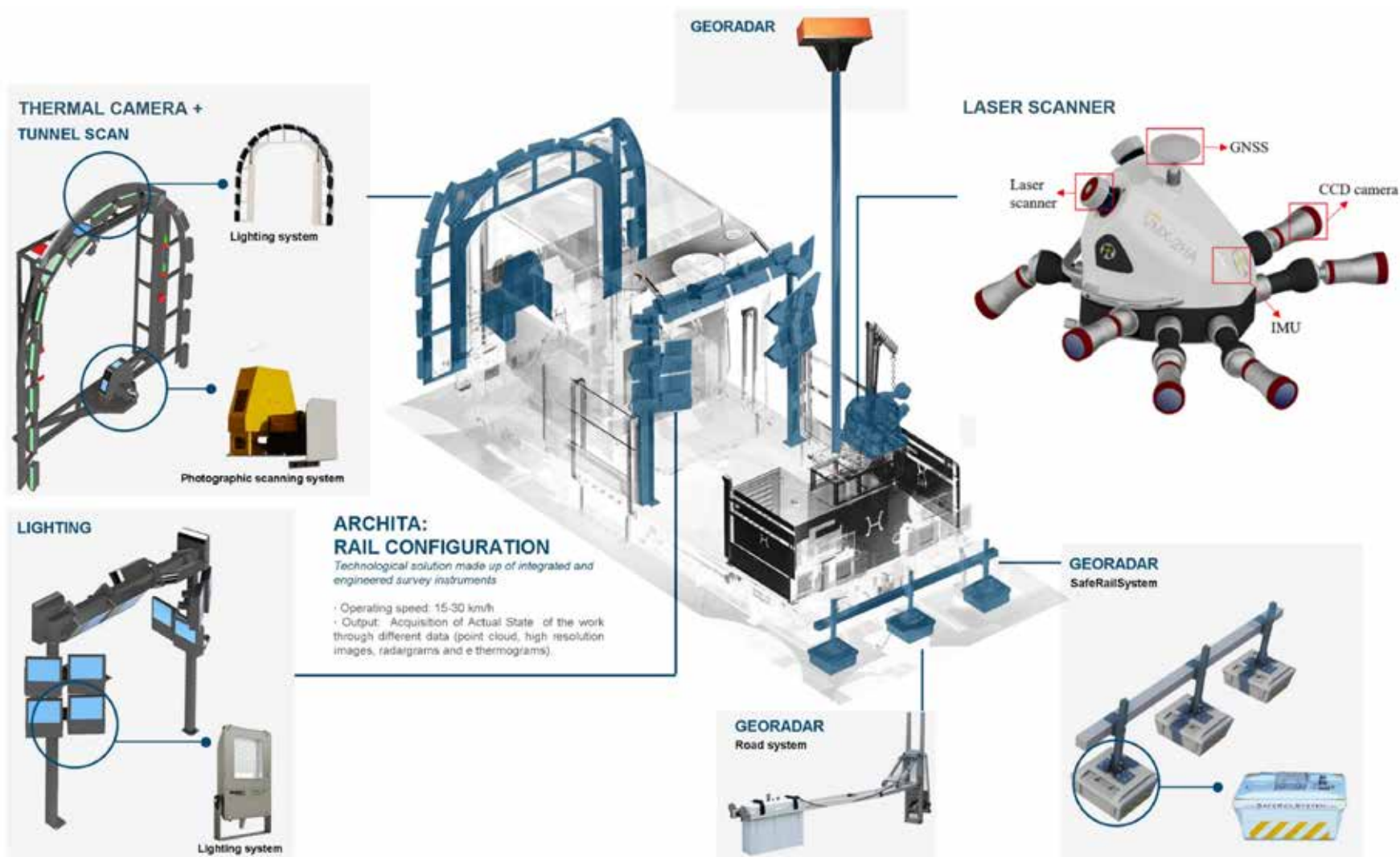
La spinta all'implementazione di algoritmi a base AI deriva anche dall'analisi di sostenibilità effettuata dai ricercatori ETS sulle prestazioni del processo MIRET, che, insieme ad ARCHITA, lo strumento di mobile mapping per l'ispezione delle gallerie su strada e ferrovia, ha dimostrato di poter ottenere importanti vantaggi in termini di riduzione delle emissioni di gas serra e di riduzione dei rischi di salute e sicurezza per i lavoratori, spostando una buona parte del lavoro alla fase di back-office. Proprio l'uso dell'Intelligenza Artificiale permette ora agli operatori di ottimizzare ulteriormente il tempo di analisi e diagnosi, velocizzando le operazioni di identificazione delle di-

fettologie sotto il continuo controllo di tecnici specializzati, nel rispetto della più recente normativa sull'etica di AI (via libera definitivo del Parlamento Europeo all'AI Act, a maggio 2024)².

MIRET e ARCHITA: il punto di partenza

Il metodo implementato da ETS nel corso degli ultimi anni è basato sulla possibilità di utilizzare strumentazioni e metodologie innovative e affidabili in tutte le fasi della campagna di analisi. L'ispezione in loco prevede l'utilizzo della strumentazione di mobile mapping denominata ARCHITA³ che, equipaggiata di Laser Scanner, termocamera, georadar e sistema di illuminazione, permette in un solo passaggio di registrare i dati digitalizzati e comunicarli in tempo reale agli operatori dedicati alla loro analisi.

L'utilizzo di tale strumentazione consente una ri-



duzione notevole dei tempi di ispezione, poiché il carrello può viaggiare a una velocità compresa tra 15 e 30 km/h: rispetto alle strumentazioni standard utilizzate per il rilievo ordinario su strada, è infatti possibile ottenere una contrazione dei tempi di circa 8 gg/km con due fondamentali vantaggi: da un lato, la riduzione dei tempi di inoperatività del tratto in manutenzione, e, dall'altro, la diminuzione dell'esposizione degli operatori ai rischi legati all'ispezione, oltre all'ovvio vantaggio economico.

Gli operatori che ricevono i dati da ARCHITA seguono quindi un processo metodologico strutturato e validato da circa 70 chilometri di dati analizzati secondo il metodo MIRET: esso infatti analizza i dati geotecnici e strutturali, e, attraverso l'utilizzo di algoritmi sviluppati internamente, formula diagnosi e analisi di rischio condividendole in uno spazio comune. Il flusso di lavoro generato permette di collegare e manipolare i dati di ispezione nel tempo, standardizzando i processi e i linguaggi. Il risultato è a un sistema traspa-

rente, smart e sostenibile per la pianificazione, la progettazione e la manutenzione delle gallerie. Inoltre, le informazioni registrate restituiscono in tempo reale una mappa rappresentativa in 3D dello stato della galleria in esame.

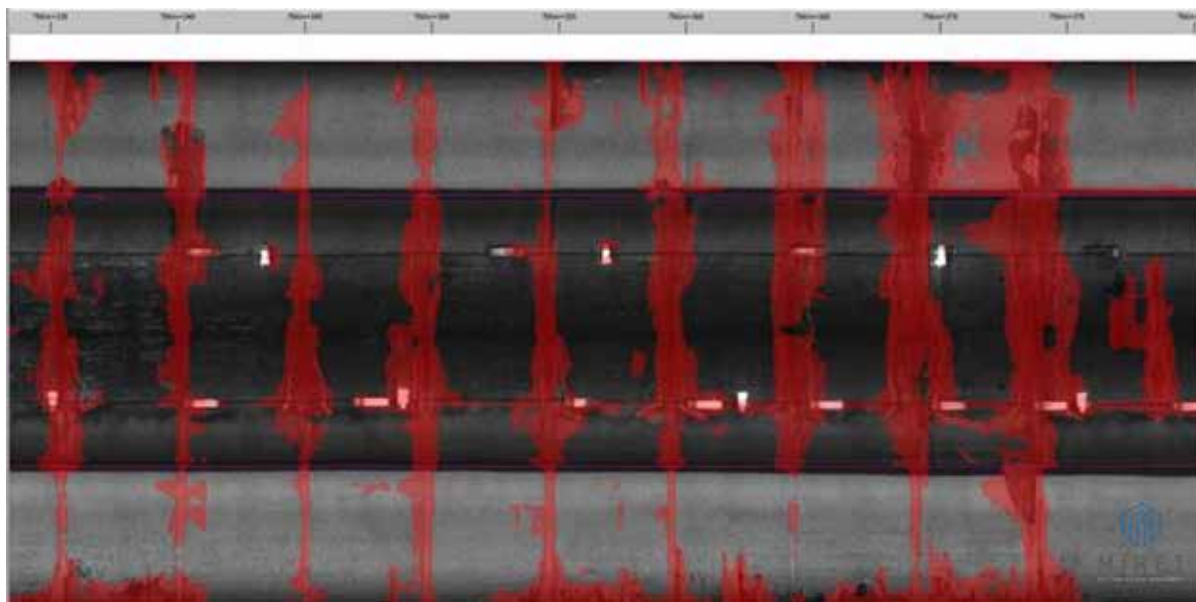
ETS, sfruttando l'elevato numero di gallerie analizzate tra il 2016 e il 2023 e i relativi dati digitalizzati, sta implementando un sistema di diagnostica basata anche sull'Intelligenza Artificiale.

MIRET-Tunnel AI: l'Intelligenza Artificiale a supporto della diagnostica

Data la vasta mole di dati disponibili dalla diagnostica nelle gallerie, nel 2020 i ricercatori di ETS hanno cominciato lo studio dell'implementazione di un sistema basato sull'Intelligenza Artificiale che potesse affiancare e supportare, nonché velocizzare, il lavoro degli operatori nella fase di analisi dei dati acquisiti.

Il punto di partenza fu il dataset delle difettologie relative alla presenza di acqua nelle gallerie ferroviarie, in quanto molto ricco di informazioni

ARCHITA e la sua strumentazione.



Analisi eseguita con MIRET-Tunnel AI.

e rappresentativo di tutte le casistiche di difetti (umidità, infiltrazioni di acqua dai giunti e dalle fessure): L'Intelligenza Artificiale restituisce infatti una probabilità di accadimento spaziale di un difetto, e necessita quindi di lavorare su dati quantitativamente significativi. In base a questi i tecnici hanno costruito un database che ricalca la tassonomia dei difetti, legando le evidenze ingegneristiche rilevabili dall'ispezione al tipo di informazione computazionale per poter comunicare con l'Intelligenza Artificiale.

L'addestramento dell'IA vide, in una prima fase, l'utilizzo di algoritmi già sviluppati per l'identificazione delle fessure nelle pavimentazioni stradali, utilizzando lo stesso approccio al problema (segmentazione pixel-wise su un insieme di classificazione binaria), e riadattato alle esigenze dell'analisi dei difetti dovuti alla presenza di acqua⁴.

In seguito, il team di ETS ha sviluppato algoritmi proprietari per migliorare e addestrare ulteriormente l'IA grazie al continuo aggiornamento del dataset, e oggi MIRET-Tunnel AI, alla sua prima release, ha permesso la digitalizzazione dell'intero catalogo dei difetti.

Il lavoro attuale si sta concentrando all'adattamento di questo database allo sviluppo di algoritmi legati anche ai fenomeni di ammaloramento superficiale e fessurazione nelle gallerie, per allargare il raggio di azione e l'applicabilità di MIRET-Tunnel AI.

La sostenibilità del metodo MIRET-Tunnel AI

Ogni nuova innovazione ormai non può più prescindere dall'analisi del suo impatto sull'ambiente e sulla società, affinché la sostenibilità non sia limitata a claim utili solo per il marketing, ma sia parte integrante dell'innovazione e supporti con-

cretamente il delicato passaggio socio-economico e culturale che dobbiamo compiere.

Tenendo fermamente a mente questo principio, il dipartimento di Ricerca e Sviluppo di ETS ha compiuto un'analisi per la valutazione sia dell'impatto ambientale sia di quello sociale legato alla gestione della sicurezza, confrontandolo rispetto a una baseline rappresentata dalle pratiche standard tradizionalmente in uso per l'ispezione di strade e ferrovie.

I risultati mostrano una riduzione netta delle emissioni di anidride carbonica equivalente (Carbon Footprint) fino al 45,5% rispetto alle ispezioni ordinarie delle gallerie autostradali e fino al 40,8% rispetto alle gallerie ferroviarie. Tale riduzione riflette soprattutto la diminuzione dei tempi di ispezione "in loco" grazie alla velocità di acquisizione dei dati di ARCHITA (15 - 30 km/h), che comporta quindi un'importante contrazione della logistica e di tutte le attività di spostamento in auto a essa legate.

La riduzione dei tempi di ispezione, la sostituzione di strumenti potenzialmente pericolosi come il PLE e lo spostamento di molte attività nella fase di back-office permette una riduzione dei rischi di salute e sicurezza collegati al lavoro di ispezione: ETS ha stimato che MIRET riduce dell'80% i rischi di alto livello, e del 20% il rischio totale. Inizialmente il metodo MIRET prevedeva una durata delle attività in back-office almeno il 30% maggiore rispetto alla baseline stimata per la rielaborazione di dati nella diagnostica tradizionale delle strade. Oggi l'implementazione di MIRET-Tunnel AI permette invece di proiettare una sostanziale diminuzione dei tempi necessari per la rielaborazione dei dati, andando quindi ad avere un impatto positivo su tutti i parametri di sostenibilità dell'intero processo.

AI ACT per un'Intelligenza Artificiale etica

Poiché la sostenibilità, nella sua accezione più completa, deve prendere in considerazione anche i pilastri relativi agli aspetti sociali e di governance, è utile sottolineare l'importanza di mantenere una forte attenzione alla pratica etica e sicura di tecnologie dirompenti come l'Intelligenza Artificiale. Questo è uno dei motivi principali per cui a maggio 2024 è stato dato il via libero definitivo da parte del Parlamento Europeo all'AI Act, in cui è possibile trovare la definizione dei confini in termini di applicazione dell'IA.

Il Parlamento Europeo dichiara di voler "migliorare il funzionamento del mercato interno istituendo un quadro giuridico uniforme in particolare per quanto riguarda lo sviluppo, l'immissione sul mercato, la messa in servizio e l'uso di sistemi di intelligenza artificiale (sistemi di IA) nell'Unione, in conformità dei valori dell'Unione; promuovere la diffusione di un'intelligenza artificiale (IA) antropocentrica e affidabile, garantendo nel contempo un livello elevato di protezione della salute, della sicurezza e dei diritti fondamentali sanciti dalla Carta dei diritti fondamentali dell'Unione europea, compresi la democrazia, lo Stato di diritto e la protezione dell'ambiente, contro gli effetti nocivi dei sistemi di IA nell'Unione; nonché promuovere l'innovazione"⁵.

La normativa chiarisce lo scopo dell'Intelligenza Artificiale e ne delimita le applicazioni, classificandole in base al rischio:

- le pratiche vietate sono costituite da tutto ciò che possa sfruttare la vulnerabilità di gruppi di persone o un trattamento pregiudizievole da parte delle autorità pubbliche, come ad esempio le rilevazioni biometriche remote "in tempo reale" in spazi accessibili al pubblico (tranne che nei casi normati);
- i sistemi ad alto rischio comprendono, tra le altre, una serie di attività legate alla gestione dei dati biometrici, ai servizi pubblici e privati e alla gestione e funzionamento delle infrastrutture critiche;
- i sistemi a rischio limitato riguardano le applicazioni che utilizzano l'Intelligenza Artificiale ma non rientrano nelle prime due categorie (chatbot, testi generati da AI...), per le quali l'utilizzo di AI deve essere sempre dichiarato;
- infine, i sistemi a rischio minimo sono costituiti da usi paragonabili a videogiochi o filtri anti-spam.

Chi immette nel mercato europeo delle tecnologie basate sull'AI deve assicurare che esse siano sicure e rispettino la normativa vigente in materia di diritti fondamentali e i valori dell'Unione, deve assicurare la certezza del diritto per facilitare



tarne gli investimenti e l'innovazione, deve migliorare la governance e l'applicazione effettiva della normativa esistente in materia di diritti fondamentali e requisiti di sicurezza, e, infine, deve facilitare lo sviluppo di un mercato unico per le sue applicazioni.

Ma ci sono anche altri aspetti, oltre a quelli definiti dall'AI Act, che possono denotare la sostenibilità delle tecnologie basate sull'Intelligenza Artificiale, come ad esempio una valutazione razionale dell'impatto ambientale: la gestione di un'enorme quantità di dati sta spingendo al limite la disponibilità di spazio per i server a grande capacità, che richiedono sempre più energia e potenza per funzionare. Si stima che le tecnologie digitali rappresentino oggi tra il 5% e il 9% del consumo globale di elettricità e la digitalizzazione e le tecnologie emergenti, come l'intelligenza artificiale, l'IoT, la blockchain, stanno aumentando questa percentuale con il conseguente ulteriore aumento delle emissioni di gas serra. Per questo motivo, la Commissione Europea sta valutando misure specifiche per migliorare l'efficienza energetica e le prestazioni del Cloud Computing e dei Data Center.

Infine, anche la supply chain dovrà rispondere alle esigenze di sostenibilità etica, con lo scopo di creare una catena del valore solida, affinché non si verificano casi di sfruttamento del lavoro. È stato riportato infatti da alcune testate giornali-

Sostenibilità e Intelligenza Artificiale. Creata con Dall-E.

¹ GALLERIE: PREVENZIONE, PROTEZIONE E SOCCORSO PER RIDURRE IL RISCHIO - GALLERIE: PREVENZIONE, PROTEZIONE E SOCCORSO PER RIDURRE IL RISCHIO - Portale ANSFISA

² COM/2021/206 final

³ 2023, Foria et al, MULTIDIMENSIONAL MOBILE MAPPING AND INTEGRATED APPROACH FOR THE DIGITALISATION OF UNDERGROUND TRANSPORT INFRASTRUCTURE, Acta Polytechnica 63(2):111-122, 2023.

⁴ F. Foria et al, Artificial intelligence and image processing in the MIRET approach for the water detection and integrated geotechnical management of existing mechanized tunnels: methodology, algorithm and case study. Rocscience International Conference 2021.

⁵ RELAZIONE sulla proposta di regolamento del Parlamento europeo e del Consiglio che stabilisce regole armonizzate sull'intelligenza artificiale (legge sull'intelligenza artificiale) e modifica alcuni atti legislativi dell'Unione | A9-0188/2023 | Parlamento Europeo (europa.eu)

stiche che il Kenya, paese in cui si stanno aprendo molte opportunità di lavoro legate all'IA, si sono verificati casi di lavoratori sottopagati e costretti a vedere contenuti disturbanti con lo scopo di addestrare l'IA di un famoso prodotto, provocando anche serie conseguenze sulla salute psichica dei lavoratori.

AI Act: applicazione a MIRET-Tunnel AI

Poiché MIRET è uno strumento sviluppato per la manutenzione dell'asset gallerie, infrastruttura critica e di strategica importanza in Italia, l'implementazione dell'Intelligenza Artificiale nei suoi processi di diagnostica lo fa rientrare MIRET-Tunnel AI nella categoria dei sistemi ad alto rischio, nonostante non sia un prodotto presente sul mercato ma uno strumento utilizzato internamente a ETS per l'esecuzione di un servizio. Le misure adottate da ETS per rispondere alla normativa descritta nell'AI Act sono:

- accuratezza, robustezza e cibersecurity: i dati raccolti da ETS attraverso MIRET e ARCHITA sono sottoposti a un processo di controllo di qualità, in cui la preparazione della mappa di vulnerabilità viene effettuata da un ingegnere e da un geologo specializzato in gallerie. Tali mappe sono poi verificate e approvate da un ingegnere esperto in geotecnica, infrastrutture e/o strutture. Inoltre, poiché le commesse sono eseguite da ETS per i principali enti italiani, sono sempre soggette a validazione da parte del committente, che ne autorizza l'emissione finale;
- protezione dei dati personali: i dati personali sono protetti perché le informazioni sono raggruppate in base all'architettura degli algoritmi

di IA e non sono più riconducibili alla galleria di origine per l'utente finale. Pertanto, dalle gallerie vengono estratti solo i dati relativi al tipo di rivestimento e ai cluster di difetti, mantenendo l'anonimato durante la fase di addestramento;

- trasparenza e informazione dell'IA: l'uso dell'IA è sempre dichiarato esplicitamente nei rapporti metodologici durante la riunione di avvio, ed è concordato con il committente del lavoro. Nella relazione metodologica viene spiegato come l'IA sia integrata nel flusso di lavoro, quali risultati si ottengono dall'applicazione dell'IA e come l'operatore interagisce con essi;

- documentazione e formazione degli operatori: è disponibile un manuale interno di MIRET-Tunnel AI in cui vengono spiegati i parametri e i modelli utilizzati, le operazioni di pre-elaborazione applicate, il metodo di addestramento, il loro funzionamento e l'utilizzo del sistema. Oltre alla documentazione, è prevista anche una fase di formazione degli operatori, che comprende un'introduzione alla metodologia, al software e all'uso di MIRET-Tunnel AI;

- supervisione umana: nell'intero flusso della qualità dei dati, sono presenti diverse fasi come l'input, la progettazione, la formazione e il miglioramento. Gli algoritmi sono utilizzati come filtro per affrontare il problema dei big data rispetto agli smart data e sono impiegati per la pre-valuatione. Gli operatori, attraverso gli strumenti di interfaccia, possono facilmente leggere i risultati ottenuti dall'IA, aggiornarli manualmente, convalidarli o scartarli. Come risulta evidente dai punti precedenti, la supervisione umana è parte integrante del sistema MIRET-Tunnel AI.

Conclusioni

La gestione della manutenzione delle gallerie è oggi centrale rispetto alle tematiche di sicurezza e sostenibilità. In Italia il patrimonio delle gallerie è strategico per il suo valore legato al trasporto e alla logistica e critico poiché spesso l'età di questo asset raggiunge facilmente il centinaio di anni, e gli eventi climatici, insieme al naturale invecchiamento delle strutture, suggeriscono una manutenzione puntuale, affidabile, veloce, e riproducibile.

L'implementazione di MIRET-Tunnel AI risponde sia all'esigenza di affidabilità e sicurezza della gestione della manutenzione delle gallerie, sia agli aspetti legati alla sostenibilità ambientale e sociale, in linea con le più innovative richieste normative ed etiche.

MIRET-Tunnel AI è l'espressione dell'innovazione tecnica e scientifica che incontra il valore storico e strategico delle gallerie per garantire strade e ferrovie sempre più sicure, resilienti e sostenibili. ■■

AI Act applicato a MIRET-Tunnel AI.

