



RESOCONTO STENOGRAFICO

n. 2

N.B. I Resoconti stenografici delle sedute di ciascuna indagine conoscitiva seguono una numerazione indipendente.

8^a COMMISSIONE PERMANENTE (Ambiente, transizione ecologica, energia, lavori pubblici, comunicazioni, innovazione tecnologica)

INDAGINE CONOSCITIVA SULL'UTILIZZO DELLE TECNOLOGIE DIGITALI E DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE NELLA PIANIFICAZIONE, NELLA COSTRUZIONE E NEL MONITORAGGIO DELLE INFRASTRUTTURE STRADALI, AUTOSTRADALI, FERROVIARIE, PORTUALI, AEROPORTUALI E LOGISTICHE

68^a seduta: giovedì 26 ottobre 2023

Presidenza del vice presidente BASSO

INDICE**Audizioni di rappresentanti degli istituti TeCIP e Intelligenza meccanica della Scuola superiore Sant'Anna, dell'Istituto italiano di tecnologia e dell'Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente del CNR**

PRESIDENTE	Pag. 3, 9, 13 e <i>passim</i>	* CASTOLDI	Pag. 4
		FRISOLI	6
		LANARI	15, 19
		* METTA	10, 14

N.B. L'asterisco accanto al nome riportato nell'indice della seduta indica che gli interventi sono stati rivisti dagli oratori

Sigle dei Gruppi parlamentari: Azione-Italia Viva-RenewEurope: Az-IV-RE; Civici d'Italia-Noi Moderati (UDC-Coraggio Italia-Noi con l'Italia-Italia al Centro)-MAIE; Cd'I-NM (UDC-CI-Nci-IaC)-MAIE; Forza Italia-Berlusconi Presidente-PPE: FI-BP-PPE; Fratelli d'Italia: FdI; Lega Salvini Premier-Partito Sardo d'Azione: LSP-PSd'Az; Movimento 5 Stelle: M5S; Partito Democratico-Italia Democratica e Progressista: PD-IDP; Per le Autonomie (SVP-Patt, Campobase, Sud Chiama Nord): Aut (SVP-Patt, Cb, SCN); Misto: Misto; Misto-ALLENZA VERDI E SINISTRA: Misto-AVS.

Intervengono, ai sensi dell'articolo 48 del Regolamento, il professor Piero Castoldi, direttore dell'Istituto TeCIP, il professor Antonio Frisoli, vice direttore dell'Istituto di intelligenza meccanica della Scuola superiore Sant'Anna, il professor Giorgio Metta, direttore scientifico dell'Istituto italiano di tecnologia, l'ingegner Riccardo Lanari, dirigente di ricerca, l'ingegner Manuela Bonano e l'ingegner Michele Manunta, entrambi primo ricercatore dell'Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente del Consiglio nazionale delle ricerche.

I lavori hanno inizio alle ore 10,05.

SULLA PUBBLICITÀ DEI LAVORI

PRESIDENTE. Comunico che, ai sensi dell'articolo 33, comma 4, del Regolamento del Senato, è stata richiesta l'attivazione dell'impianto audiovisivo a circuito chiuso, nonché la trasmissione televisiva sui canali *web* e satellitare del Senato della Repubblica, e che la Presidenza ha fatto preventivamente conoscere il proprio assenso. Poiché non vi sono osservazioni, tale forma di pubblicità è adottata per il prosieguo dei lavori.

Avverto inoltre che, previa autorizzazione del Presidente del Senato, la pubblicità della seduta odierna è assicurata anche attraverso il resoconto stenografico.

PROCEDURE INFORMATIVE

Audizioni di rappresentanti degli istituti TeCIP e Intelligenza meccanica della Scuola superiore Sant'Anna, dell'Istituto italiano di tecnologia e dell'Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente del CNR

PRESIDENTE. L'ordine del giorno reca il seguito dell'indagine conoscitiva sull'utilizzo delle tecnologie digitali e dell'intelligenza artificiale nella pianificazione, nella costruzione e nel monitoraggio delle infrastrutture stradali, autostradali, ferroviarie, portuali, aeroportuali e logistiche, sospesa nella seduta del 10 ottobre.

Sono oggi previste le audizioni di rappresentanti degli istituti Telecomunicazioni, informatica e fotonica (Tecip) e Intelligenza meccanica della Scuola superiore Sant'Anna, dell'Istituto italiano di tecnologia e dell'Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente del CNR.

Per la Scuola superiore Sant'Anna sono presenti il professor Piero Castoldi, direttore dell'Istituto di telecomunicazioni, informatica

e fotonica, e il professor Antonio Frisoli, vice direttore dell'Istituto di intelligenza meccanica.

Ringrazio i nostri ospiti e do loro la parola.

CASTOLDI. Signor Presidente, la ringrazio per questo invito.

Sono molto contento di poter contribuire a questa indagine conoscitiva sulle infrastrutture e la loro pianificazione mediante l'utilizzo delle tecnologie digitali e dell'intelligenza artificiale.

Illustro brevemente le competenze dell'Istituto che rappresento in termini di ricerca e con una visione più ampia per il futuro del nostro Paese.

L'Istituto si occupa di telecomunicazioni, quindi di telecomunicazioni radiomobili, fisse, cablate in fibra ottica e di *software* per le reti; si occupa di elettronica e fotonica, quindi della miniaturizzazione dei circuiti integrati e di tutto quanto serve per il calcolo computazionale; si occupa inoltre di sensoristica e telerilevamento e copre anche la disciplina informatica, che è fondamentale per l'intelligenza artificiale, per poter costruire quei sistemi che sostituiscono alcune decisioni dell'uomo e, in prospettiva, potranno aiutare a rendere più efficienti alcuni processi.

Le aree su cui insiste l'Istituto, in termini di applicazioni, sono molto ampie e nel documento che ho consegnato agli Uffici ho evidenziato quelle d'interesse rispetto a questa audizione: il trasporto ferroviario, la logistica merci, il monitoraggio del territorio, la guida autonoma e la gestione dei porti.

Vorrei ricordare che l'ecosistema dell'Istituto comprende anche laboratori del CNIT, il Consorzio nazionale interuniversitario per le telecomunicazioni, una piccola *foundry*, ossia una struttura che consente di fabbricare circuiti integrati, e una collaborazione con una multinazionale come Ericsson, che ha un insediamento nell'Istituto.

Voglio anche ricordare tre importanti iniziative nell'ambito del PNRR che si concretizzano in partenariati estesi a cui la Scuola partecipa: il partenariato n. 14 Restart, per le telecomunicazioni del futuro, il partenariato n. 7 Serics, sulla cybersicurezza, e il partenariato n. 4 NQSTI, sul Quantum. Queste competenze sono riversate in un *network* europeo molto importante, il 6G SNS.

Il quadro di riferimento è riassunto nell'iconografia riportata nella documentazione che abbiamo predisposto per l'audizione, in cui tutti i mezzi di trasporto e la logistica sono tra di loro interconnessi e rappresentati.

Dal punto di vista dell'esercizio delle infrastrutture, voglio evidenziare perché il digitale e l'intelligenza artificiale sono importanti.

Oggi i sistemi autonomi che utilizzano le infrastrutture hanno a bordo un'intelligenza che consente di seguire la filiera, come illustrato nella *slide*: dei sensori e degli algoritmi guidano e sostituiscono in parte le funzioni che dovrebbe svolgere il guidatore, cioè l'essere umano, avvalendosi di una serie di funzionalità. Normalmente queste funzionalità sono a bordo del veicolo. La frontiera è quella di poter accedere a una

capacità di decisione maggiore che non può essere disponibile a bordo dei veicoli, ma può essere raggiunta attraverso una rete di telecomunicazioni, quindi svincolando il veicolo o il mezzo di trasporto dall'intelligenza a bordo e andando a reperirla in rete. Questo però richiede una filiera diversa dal punto di vista della capacità: il normale flusso sensori-decisione-azioni è supportato da una serie di dati che plasmano l'intelligenza, un po' come accade per l'apprendimento umano che avviene attraverso l'esposizione a nuovi contesti e a nuove situazioni; questo è esattamente ciò che l'intelligenza artificiale consente di fare.

Abbiamo immaginato un paio di scenari in cui l'intelligenza artificiale può essere applicata. Partiamo dallo scenario ferroviario, rispetto al quale vi sono collaborazioni in atto sia col gestore dell'infrastruttura che con l'*incumbent* del trasporto, ossia Trenitalia. Come sapete, i treni ad alta velocità sono soggetti a una serie di controlli lungo la linea, che devono essere estremamente affidabili. Il mondo ferroviario è forse quello che per primo è migrato verso un utilizzo di intelligenza distribuita e si avvale di un'infrastruttura di comunicazione per prendere decisioni. Le prospettive sono quelle di rendere il sistema sempre più affidabile, affidabile, riducendo i falsi positivi, ossia le situazioni in cui la marcia del treno viene arrestata per precauzione, mentre è già *safe* per quanto riguarda la necessità di arresto per anomalie.

Sistemi equivalenti potranno essere introdotti nel mondo automobilistico, in cui attualmente la guida autonoma è essenzialmente basata sull'intelligenza artificiale a bordo, ma la possibilità di geolocalizzare i veicoli consente, ad esempio, di prevenire incidenti in situazioni in cui vi siano angoli bui, semplicemente localizzando l'approssimarsi dei veicoli vicini laddove i sensori a bordo, i Lidar, non riescano a reagire in tempo perché non vedono l'ostacolo. L'auto connessa e la guida autonoma abilitata possono aumentare decisamente la sicurezza stradale.

Per quanto riguarda le attività dei porti e la logistica, nelle *slide* è riportato uno *screenshot* di Google Maps del porto di Livorno in cui sono visibili delle navi *cargo* che, ad oggi, si avvalgono di una guida da parte dei piloti del porto in fase di attracco. Anche questo è un aspetto su cui ci sono fondamentali margini di miglioramento. Purtroppo infatti sappiamo che le navi *cargo* che partono da Suez preferiscono scaricare ad Anversa e Rotterdam piuttosto che fermarsi nei nostri porti e uno dei motivi è il troppo basso tasso di digitalizzazione dei porti italiani.

Stesso discorso riguarda la logistica dei *container*, in cui può entrare in gioco il paradigma della cosiddetta Internet fisica: i pacchetti Internet sono, in realtà, i *container*, che vengono smistati secondo criteri di priorità, così come avviene per la voce o il video; questi *container* possono anche esporre dei *tag* che ne indichino il contenuto e, per esempio, nel caso in cui contengano merci deperibili, possono essere smistati e accatastati secondo certi criteri guidati da un'intelligenza artificiale.

Un ultimo aspetto importante è quello del telerilevamento delle infrastrutture, ma non solo. In questo caso si innesta sia la ricerca sulle tecniche con cui si rilevano o si fotografano situazioni, sia sul modo in

cui questi dati vengono trasmessi (sostanzialmente attraverso l'utilizzo dell'ottica con i fasci *laser*, che consentono maggiore velocità), ma anche poi sull'utilizzo di questi dati a fini strategici; sappiamo infatti come l'osservare, anche in ambito civile e non solo militare, la superficie terrestre aiuti a prevedere un certo impatto: ad esempio, la rilevazione di serbatoi di petrolio vuoti aiuta a prevedere una scarsità del bene e, quindi, un aumento del suo prezzo.

Volendo poi presentare uno scenario di natura tecnica (magari nelle conclusioni cercherò di soffermarmi anche sugli aspetti regolatori e strategici), in una *slide* allegata alla documentazione è rappresentato il modo in cui l'intelligenza artificiale e le reti si combinano per abilitare servizi importanti, ma non critici, come il *teletutoring* oppure la guida di droni, o servizi *premium*, che riguardano situazioni che in gergo si definiscono vitali, ossia quelle che hanno un impatto importante e non trascurabile qualora i sistemi non funzionino correttamente, con particolare riferimento a tutto ciò che è connesso alla guida autonoma.

Nella documentazione che lasciamo agli atti è illustrata anche una selezione di progetti recenti.

Passo ora alle conclusioni, illustrando quelli che ritengo possano essere dei *gap* tecnologici e regolatori (lista non esaustiva). In primo luogo, dal punto di vista del sistema Paese continuiamo tutti a dire che abbiamo bisogno di più laureati in discipline tecnico-economiche perché la modernizzazione del nostro Paese passa anche dal fatto che ci sia disponibilità di capitale umano qualificato.

Un altro aspetto fondamentale riguarda anche la *partnership* tra aziende, università ed enti di ricerca nei progetti che ci consenta di avere una visione a lungo termine, con *leadership* del comparto ricerca.

Infine, sono necessarie *task force* governative sulle sfide strategiche. Ho letto notizie di stampa in cui si annunciava che il sottosegretario Butti ha nominato una commissione di 13 membri. Ritengo che ciò sia positivo.

Volendo mandare un messaggio nella direzione della realizzazione delle infrastrutture, evidenzio la necessità di nuove infrastrutture *digital ready*, cioè che siano progettate non solo per la parte edilizia e la parte meccanica, ma anche per la parte digitale e dell'intelligenza artificiale, in modo che possano supportare i servizi del futuro, servizi che devono essere progettati già con una visione a dieci anni: l'infrastruttura, infatti, potrà essere pronta magari fra cinque anni e, quindi, non può essere progettata coi criteri odierni, bisogna già progettare con una prospettiva digitale di cinque, dieci anni a venire.

Cito infine, nei limiti del possibile, il *retrofitting*, ossia l'introduzione del digitale nelle infrastrutture preesistenti e l'integrazione delle basi di dati a tutti i livelli, perché questa è la chiave per poter coordinare meglio il nostro patrimonio infrastrutturale.

FRISOLI. Signor Presidente, in qualità di vice direttore dell'Istituto di intelligenza meccanica presenterò un contributo complementare a quello del mio collega, professor Castoldi.

Il nostro istituto si occupa di tecnologie di robotica e di intelligenza artificiale, coniugando nell'intelligenza meccanica questi due aspetti.

Riassumo alcuni dati di carattere generale sulla rete infrastrutturale italiana, una rete importante per quanto riguarda sia la parte autostradale, sia quella ferroviaria, con 8.000 treni in circolazione, ponti e viadotti e con circa due milioni di opere infrastrutturali.

Il *trend* importante riguarda la crescita della domanda globale del trasporto, con riferimento sia alle merci che ai passeggeri. Questo si coniuga con altre due parole chiave, e cioè efficienza e sicurezza, che vanno di pari passo con la digitalizzazione e, attraverso l'utilizzo delle nuove tecnologie, si ottiene un incremento di entrambi gli aspetti: l'efficienza è intesa anche dal punto di vista della sostenibilità, includendo perciò velocità, affidabilità, costo e impatto ambientale. Il monitoraggio continuo è necessario sia per mantenere l'efficienza sia per diminuire gli effetti del degrado strutturale.

Di fatto, attualmente per le infrastrutture è adottato l'approccio della cosiddetta manutenzione predittiva. Come sapete, la manutenzione programmata è quella che viene fatta, ad esempio, su una qualunque automobile, sottoposta a tagliando dopo avere percorso una certa distanza o dopo che sia trascorso un determinato tempo. Lo svantaggio della manutenzione programmata è che può non rilevare danni potenzialmente in essere. La manutenzione predittiva, invece, attraverso l'utilizzo di sensori distribuiti e algoritmi d'intelligenza artificiale, è in grado di prevedere questi danni e, associata alla manutenzione programmata, consente un vantaggio estremamente significativo.

Alcune tecnologie robotiche vengono già impiegate nel settore ferroviario dove vi è una grande richiesta di nuove tecnologie per la digitalizzazione del trasporto sia di merci sia di passeggeri, sia per le infrastrutture sia per quello che viene chiamato *rolling stock*, ossia il materiale rotabile (i treni).

Sicuramente tra le tecnologie di robotica e di intelligenza artificiale che possono portare un contributo significativo vi sono tutti i sistemi robotici come droni e *rover*, ossia veicoli che volano o che camminano su ruote o che si muovono con altre modalità, che sono in grado di acquisire immagini e dati attraverso sensori che possono essere di visione o di altra natura (temperatura, pressione). Vi è poi la sensoristica distribuita che consente di monitorare grandi infrastrutture attraverso sensori. Infine, abbinati a tutto questo, vi sono gli algoritmi di AI che, mediante modelli con *digital twin* o con logiche basate su reti neurali opportunamente addestrate, sono in grado di effettuare una diagnostica.

Come dicevo, quindi, due elementi chiave della ricerca nel nostro istituto sono la robotica e la sensoristica avanzata perché entrambe le tecnologie ci consentono di fare monitoraggi su grandi infrastrutture (ponti, viadotti, tunnel, binari ferroviari) dove la dimensione gioca chiaramente un ruolo significativo e dove, quindi, bisogna essere in grado di sensorizzare un grande impianto o con una sensoristica fissa distribuita o con un *robot* mobile in grado di percorrerlo.

Per la tecnologia di sensoristica abbiamo da tempo una linea di ricerca avanzata che coniuga l'ingegneria computazionale all'utilizzo di sensori fotonici, ossia tecnologie abilitanti che fanno uso di sensori in fibra ottica che eseguono misure di pressione, di deformazione (*strain*) o di temperatura in modo distribuito.

Vi sono alcune applicazioni, che da tempo sviluppiamo con RFI, che consentono di fare un monitoraggio del binario, funzionale non solo al monitoraggio diretto del binario stesso, ma anche a quello indiretto dell'opera. Un esempio classico è quello del ponte storico in muratura su cui insiste un tratto ferroviario: il sensore sul binario può monitorare indirettamente lo stato dell'opera, perché un cedimento viene rilevato dal binario stesso. In alcuni casi si può monitorare anche lo stato del treno.

Per fare questo però, come dicevo, è necessario abbinare alla tecnologia fotonica (noi utilizziamo reticoli di Bragg o *scattering* Raman, tutte tecnologie utilizzate per misure distribuite) l'ingegneria computazionale, ossia modelli che sono in grado, sulla base della lettura dei sensori, di diagnosticare un potenziale danno sull'opera (il ponte che citavo, ad esempio) o anche una deviazione dei parametri dell'infrastruttura ferroviaria; come sapete, infatti, l'infrastruttura ferroviaria deve essere costantemente monitorata, ad esempio per quanto riguarda lo scartamento e altri parametri tecnici che devono essere controllati. Nell'ottica di un aumento del traffico ferroviario ciò ha chiaramente un'incidenza importante: l'aumento del traffico richiede maggiori *performance* di monitoraggio al fine di mantenere gli stessi livelli di sicurezza.

La robotica è una tecnologia abilitante che si coniuga bene con l'intelligenza artificiale. Nella *slide* che vi presento è mostrato un drone che acquisisce un rilievo di cricche su una struttura in cemento (la propagazione delle cricche è una delle cause di innesco delle rotture e dei cedimenti strutturali). La robotica ha il vantaggio di offrire un sistema mobile che può muoversi su un'infrastruttura e acquisire dati di vario tipo, non solo di visione artificiale ma anche di temperatura e di pressione. Possiamo quindi avere misure statiche e misure dinamiche e applicare modelli che possono essere orientati alla sicurezza o al danneggiamento.

Nel campo ferroviario, ad esempio, abbiamo sviluppato con RFI un *robot* che esegue il monitoraggio della sagoma ferroviaria: la sagoma ferroviaria è l'area che deve essere libera per garantire il passaggio del treno in sicurezza; il *robot* è un drone che si muove in modalità autonoma con sensori avanzati (Lidar o altro) e che può essere utilizzato per fare tutte le verifiche come, ad esempio, un controllo in automatico quando sono in corso dei lavori e deve essere poi riaperta la linea all'esercizio.

Rispetto ai veicoli diagnostici, che sono dei veri e propri treni, quella di utilizzare dei veicoli leggeri è una tendenza innovativa: si impiegano cioè dei robot, denominato *unmanned vehicle*, che possono essere trasportati sul luogo da persone e avere una capacità di autonomia.

Un altro *robot* è quello che abbiamo sviluppato in collaborazione con Trenitalia per il monitoraggio del materiale rotabile, quindi del treno. In Cina, ad esempio, viene applicato nel monitoraggio delle metropoli-

tane: il *robot* si muove proprio sul binario, quindi non nello stabilimento di manutenzione ma nell'infrastruttura ordinaria. Questo è molto interessante perché anche in questo caso consente di aumentare la frequenza dei controlli che vengono fatti non più solo nello stabilimento ma anche direttamente sul binario. Nell'ottica di aumentare la circolazione dei treni e non aumentare, di pari misura, il numero di stabilimenti di manutenzione, questo ha un impatto significativo. L'elemento chiave è chiaramente la combinazione con le AI, algoritmi di reti neurali che sono in grado di fare una diagnostica avanzata.

Vi sono chiaramente altre applicazioni della robotica e i droni possono essere usati a vario titolo. Con Enel abbiamo sviluppato un progetto per il monitoraggio dei tubi dello scambiatore della fornace all'interno di una centrale elettrica; anche in questo caso parliamo di operazioni complicate da eseguire a livello manuale e i droni permettono di movimentare i sensori, con un *pattern* programmato, e fare misure distribuite, diagnosticare la presenza di un danno e programmare un intervento. Ovviamente fare un controllo di questo tipo richiederebbe di fermare la centrale, quindi l'impiego di queste tecnologie ha un impatto notevole sull'esercizio.

In conclusione, dal nostro punto di vista, le tecnologie che abbiamo riassunto come robotiche, metrologiche e di fotonica integrata danno un contributo significativo nel *real-time monitoring*, un monitoraggio in tempo reale dell'infrastruttura, con sensori di vario tipo (visione, temperatura, deformazione e vibrazione). Chiaramente, come diceva giustamente il professor Castoldi, nel predisporre un'infrastruttura futura, tutti gli investimenti fatti in questa direzione devono essere programmati pensando già a ciò che ci sarà tra cinque o dieci anni, quindi con una visione di lungo periodo.

PRESIDENTE. Ringrazio i professori e, tramite loro, la Scuola superiore Sant'Anna per il contributo dato ai nostri lavori.

Al fine di consentire ai membri della Commissione un approfondimento ulteriore, invito i nostri ospiti ad inviare agli Uffici il materiale che hanno illustrato, evidenziando esempi di collaborazione tra i due istituti – ove vi fossero – nell'ambito di sperimentazioni di sistemi intermodali. Abbiamo già potuto vedere come alcune applicazioni che ci avete descritto in ambito ferroviario e portuale si avvalgano già dei sistemi *digital twin* che permettono l'interconnessione e l'interoperabilità fra i dati. Vorremmo quindi capire se vi è la possibilità di estendere alcune di queste tecnologie, già operative in specifici settori, anche all'intermodalità e allo scambio di dati in realtà complesse.

In altre audizioni è stato già rilevato il problema della differenza di tempi che intercorre tra la progettazione delle infrastrutture fisiche, che cambiano più lentamente, e lo sviluppo delle tecnologie, che invece cambiano più velocemente; allo stesso modo, è stata sollevata la necessità di una interoperabilità fra i vari settori: per quanto riguarda lo scambio di informazioni, ad esempio, i sistemi portuale, navale, ferroviario e, ancor

di più, quello stradale sono ancora vasi non comunicanti. Se aveste invece informazioni più aggiornate in questo senso, vi chiediamo di trasmetterle alla Commissione affinché siano poi utilizzate nel prosieguo dei nostri lavori orientati alla formulazione delle *policy*.

(I lavori, sospesi alle ore 10,30, sono ripresi alle ore 10,35).

Colleghi, riprendiamo i nostri lavori con l'audizione di rappresentanti dell'Istituto italiano di tecnologia, per il quale è presente il direttore scientifico, professor Giorgio Metta, al quale do il benvenuto e la parola.

METTA. Signor Presidente, nel ringraziare lei e la Commissione tutta per l'invito odierno, faccio presente che mi fa molto piacere poter parlare di intelligenza artificiale.

Vorrei muovere una breve considerazione iniziale rispetto al contesto. Sappiamo che l'Italia va incontro a un cosiddetto inverno demografico: ci si aspetta che da qui al 2040 usciranno dal mercato del lavoro, semplicemente per collocamento a riposo, 3,7 milioni di persone (in realtà questo dato rappresenta il delta, perché nei fatti i pensionamenti saranno circa 9,9 milioni mentre entreranno nel mercato del lavoro oltre 6 milioni di giovani, e la differenza tra un dato e l'altro è data dai 3,7 milioni che ho citato). Se poi si fanno i conti rispetto al valore aggiunto medio di ciascuno di questi lavoratori, si stima che il costo di tale *trend* possa essere del 15 per cento del PIL, che è un numero veramente molto, molto importante. L'intelligenza artificiale può compensare alcuni di questi effetti, di fatto rendendoci più efficienti e consentendo un risparmio di ore di lavoro. Dipende da come si guarda la situazione: o siamo più produttivi o, a parità di PIL, abbiamo possibilità di lavorare meno. Considerate che 5,7 miliardi di ore di lavoro è quanto lavorato in un anno dalla Repubblica Ceca; quindi si tratta di un numero molto, molto grande.

L'intelligenza artificiale, consentendo tale efficientamento, vale, in queste condizioni, il 18 per cento del PIL. Chiaramente bisogna implementare soluzioni basate sull'intelligenza artificiale e sul digitale, che saranno nei processi industriali e nella loro velocità d'esecuzione.

Con riferimento, invece, ad alcune applicazioni nel verticale più specifico delle infrastrutture, c'è la possibilità, nella fase di pianificazione, di costruire gemelli digitali anche di sistemi geografici molto ampi, oltre a eseguire simulazioni dinamiche in cui è possibile ipotizzare flussi di merci, di persone e di oggetti e tenerne in dovuta considerazione in fase di progettazione, fase in cui l'AI ha un impatto incredibile nell'ottimizzazione del progetto, nella velocità con cui lo si prepara, quindi nella fase del disegno che può essere resa più efficiente ottenendo, quindi, in tempi rapidi anche soluzioni qualitativamente superiori. Parlando, ad esempio, di un edificio, pensiamo banalmente alla sua forma e al tipo di materiale che si vorrebbe utilizzare e immaginiamo che qualsiasi dimen-

sione del progetto può essere manipolata e tenuta in debita considerazione dall'intelligenza artificiale.

Nella fase di costruzione intervengono poi soluzioni come la robotica, ma anche la realtà virtuale, che rendono possibile supervisionare la costruzione in maniera molto più accurata, raccogliendo anche dati che consentono di monitorare successivamente meglio l'evoluzione di quello che è stato costruito, che sia un ponte, una strada o una ferrovia; e questo lo si continua a fare con *robot* e, sempre di più, con gemelli digitali, che sono di fatto modelli sincronizzati con l'infrastruttura stessa la quale deve essere quindi sensorizzata (si porrà poi un problema di allineamento tra sensore e realtà).

Non dimentichiamoci poi del fine vita, cioè dismissione, recupero e riciclo, tutte cose che si possono fare molto bene con la robotica e sulle quali, secondo me, c'è un interesse molto ampio, anche perché dismettere alcuni tipi di impianti e di strutture è molto complicato e molto costoso. Senza guardare al caso del nucleare, visto che stiamo ancora pagando la dismissione di alcuni impianti, è comunque vero che per qualunque infrastruttura piuttosto grande la fase di dismissione è molto, molto complicata, nonché pericolosa, e in questo caso si pone anche la preoccupazione per la sicurezza dell'uomo.

Entrando nel vivo della questione delle infrastrutture, intendo focalizzarmi su due aspetti, il primo dei quali è quello delle infrastrutture critiche, su cui vorrei fare qualche considerazione. Si tratta di un problema globale (e questi sono dati che arrivano dagli Stati Uniti) e, quindi, molto importante: un migliaio di eventi di collasso negli ultimi trentadue anni vuol dire che si sono verificati diversi eventi all'anno. È chiaro, quindi, che si pone un problema di rischio, ma anche di monitoraggio e, pertanto, di riduzione del rischio conseguente. Per l'Italia parliamo comunque di un sistema infrastrutturale enorme: se le contiamo una per una (ponti, strade, tunnel, impianti portuali e altri sistemi di trasporto), parliamo di due milioni di unità ed evidentemente non ci sono le risorse umane sufficienti per poter monitorare tutte queste opere in maniera continua e puntuale come sarebbe necessario, anche per capire dal punto di vista ingegneristico se e come possiamo allungare la loro vita oltre quei sessanta, settanta anni che sono il tipico periodo entro il quale si ipotizza che il calcestruzzo cominci a cedere in maniera importante.

Entrando nell'ulteriore dettaglio dell'applicazione dell'AI per questa situazione, possiamo ipotizzare una riduzione dei tempi di ispezione e dei suoi costi, un monitoraggio in tempo reale e un supporto alle decisioni. Occorre quindi usare questi *big data* per capire cos'è meglio fare nelle diverse situazioni.

Per quanto riguarda la tecnologia, è chiaro che bisogna lavorare sui dati. Del *digital twin* abbiamo parlato; occorre quindi avere una copia digitale dell'impianto reale, svolgere il monitoraggio su di esso, anche aggiornando continuamente il gemello digitale, prestare attenzione alla parte di ispezione che può essere efficientata e resa continuativa, realizzare il sistema di supporto alle decisioni attraverso l'intelligenza artifi-

ciale. L'AI consente quindi di analizzare dati provenienti da migliaia e migliaia di infrastrutture per poterli poi gestire da un punto di comando e di controllo singolo, cosa che di fatto in questo momento non è fattibile, semplicemente perché non esiste il *network* di dati che sarebbe necessario.

Per ognuno di questi problemi ho preparato una *slide*, ma per risparmiare tempo chiedo al Presidente di poter lasciare agli atti tutto il materiale che abbiamo portato e che raccoglie informazioni sulle tecnologie necessarie a realizzare per ciascun settore la visione di una infrastruttura supportata dal digitale e dall'intelligenza artificiale: gli elementi necessari per la preparazione dei dati e alcune delle tecniche utilizzate. Si tratta, di fatto, di una lista delle tecnologie disponibili e utilizzabili in cui rientrano anche i sistemi di elaborazione del linguaggio naturale, gli NLP (*natural language processing*), che in questo momento vanno per la maggiore come AI generativa. Sono tutti strumenti che possono essere utilizzati molto bene per fornire un supporto all'operatore attraverso sistemi di realtà virtuale, semplicemente per dare una rappresentazione comprensibile dei dati: infatti, quando si hanno tanti dati è molto difficile prendere una decisione perché si viene sommersi dai numeri.

Per darvi qualche esempio posso citare due sistemi che come istituto stiamo realizzando e che sono ancora in fase di ricerca, anche se non del tutto, dal momento che, in realtà, una delle installazioni, due *robot* per il monitoraggio, è già collocata nel ponte San Giorgio a Genova. Si effettua un'ispezione automatizzata attraverso una tecnologia che di fatto è una *computer vision* e che grazie alla nuova AI funziona molto bene, meglio dell'essere umano, perlomeno su un settore specifico: bisogna fare un allenamento con i dati giusti, molto ben trattati e pre-elaborati, dopodiché, abbiamo garanzia che effettivamente il riconoscimento e la valutazione delle condizioni di una struttura avvengano con un'accuratezza molto elevata e soprattutto con un intervento minimo dell'essere umano che non è costretto ad analizzare centinaia di migliaia di immagini in quanto effettivamente l'AI segnala già gli elementi candidati per l'effettuazione dei sondaggi *in loco*. In questo modo è possibile velocizzare le procedure anche utilizzando droni e altri sistemi di *imaging* per raccogliere il dato che viene automaticamente analizzato; in questo modo, successivamente l'AI ci dà informazioni già elaborate.

Abbiamo poi un esempio di una struttura anche più complicata perché, trattandosi di un ponte di nuova realizzazione, è stato possibile entrare nella sua struttura. In questo caso, abbiamo realizzato un braccio di 13 metri di lunghezza che passa sotto il ponte e, in maniera automatizzata, raccoglie le immagini di tutta l'infrastruttura. Questo consente non soltanto di eseguire il monitoraggio del ponte quanto anche, attraverso la raccolta di così tanti dati, di modellare l'usura della struttura, imparando contestualmente qualcosa in merito alle modalità con cui questo genere di struttura viene danneggiata o meno dalle condizioni microclimatiche, dal traffico e dagli elementi che possono apportare modifiche strutturali.

In questo tipo di lavoro abbiamo potuto realizzare come istituto di ricerca la parte ideativa, mentre la realizzazione è stata affidata, com'è normale, a un consorzio di aziende. Ci tengo a fare questa precisazione per sottolineare il ruolo che gli istituti di ricerca possono avere in questa fase, che è quello di dare idee, suggerire *pilot* e *pipeline* di realizzazione, quindi gli algoritmi e i sistemi ipotizzabili; poi chiaramente bisogna avere il supporto di aziende con le spalle abbastanza larghe, come in questo caso, perché è chiaro che portare un *robot* di questo tipo su un ponte è un'operazione molto complicata.

Qualche suggerimento per il futuro.

È chiaro che non abbiamo le capacità in termini numerici di monitorare tutte le infrastrutture italiane (due milioni di oggetti da controllare sono tantissimi), infrastrutture che pure invecchiano (lo sappiamo, perché conosciamo benissimo la situazione dei diversi settori); quindi è chiaro che c'è un bisogno importante di automatizzazione di cui l'AI è una parte. Bisogna quindi pensare a quale tipo di investimento potrebbe essere necessario.

Inoltre, vorrei intervenire brevemente anche sulla formazione. Relativamente ad uno degli esempi che vi ho mostrato prima nelle *slide* l'AI può darci il 18 per cento di PIL nel 2040, ma per farlo bisogna attrezzarsi. Se in questo momento volessimo raggiungere il livello numerico della Germania in termini di laureati e di personale formato nel settore digitale – livello comunque inferiore a quello del Nord America – sarebbe necessario formare oltre tre milioni di lavoratori per la fase delle competenze di base: infatti, se si affida un sistema digitale di AI a un lavoratore senza formazione, questo sistema diventa difficilissimo da utilizzare. Occorre quindi portare il numero di studenti ICT (*Information and communication technologies*) a una cifra che si aggira intorno ai 137.000, mentre in questo momento sono 30.000 (stiamo cioè parlando di un fattore 5).

Bisogna poi fare qualcosa per le piccole e medie imprese, che rappresentano il grande ostacolo. Le grandi aziende, infatti, sono abbastanza digitalizzate, mentre perché le piccole e medie imprese raggiungano il livello dell'80 per cento stimato dal *Digital compass* europeo è necessario intervenire su almeno 113.000 di queste.

PRESIDENTE. Professor Metta, le chiedo ancora un'opinione rispetto al ruolo dell'Istituto italiano di tecnologia che, chiaramente, non è un centro di ricerca fine a se stesso nel panorama italiano ed internazionale in quanto – come ci ha giustamente ricordato – collabora fortemente anche con le imprese, essendo capace di trasmettere i risultati delle sue ricerche al mondo dell'imprenditoria.

Vorrei sapere quanto è distante in questo momento la possibilità di implementare la ricerca dei sistemi di cui lei ci ha parlato nella realizzazione di un sistema di monitoraggio complesso come un *digital twin* in uno scenario reale che veda l'interazione di più settori. Con questa indagine conoscitiva stiamo cercando di studiare il tema dell'intermodalità fra

i settori stradale, portuale e ferroviario. Le chiedo quindi quanto sarebbe possibile oggi, dal punto di vista dell'industrializzazione, per quello che è il vostro rapporto con il mondo delle imprese e il livello attuale della vostra ricerca, realizzare un sistema di *digital twin* e quindi di simulazione in tempo reale di un'infrastruttura complessa – lei citava prima Genova – come per esempio quella che riguarda un'area metropolitana, come appunto quella genovese, in cui coesistono tutte le infrastrutture cui ho fatto riferimento.

METTA. Signor Presidente, dal punto di vista delle competenze, potremmo mettere insieme un opportuno consorzio di aziende che potrebbe portare a compimento un progetto di tale complessità. Senza fare nomi particolari, ci sarebbero tre o quattro grandi aziende che possono sicuramente lavorare in questa direzione; mi vengono in mente quelle che normalmente realizzano questo genere di infrastrutture, sia quelle digitali sia quelle fisiche.

Credo che sia necessario capire inizialmente qual è l'investimento complessivo di un progetto di questo tipo e pensare su quali territori e luoghi intervenire.

Dal punto di vista tecnico, secondo me la tecnologia esiste tutta, completamente, ed è matura a sufficienza, anche perché non sempre parliamo della ricerca di punta per ciascuno dei sottosettori: fare un modello con un *digital twin* in questo momento è qualcosa di veramente semplice, anche dal punto di vista algoritmico. È chiaro che bisogna avere un'importante infrastruttura di calcolo; già ci stiamo dotando di alcuni di questi sistemi perché in Italia il mondo della ricerca ha accesso a risorse piuttosto interessanti: alcune aziende hanno calcolatori molto, molto grandi e, quindi, penso che la questione stia più nel capire il costo e la modalità di un progetto specifico, in cui bisogna allineare un certo numero di attori. A parte il pubblico, per la parte che riguarda le aziende bisogna capire se sono tutte pronte: tecnologicamente sono sicuro di sì, ma quanto al fatto di mettersi insieme e fare un opportuno aggregato per portare a casa un progetto di questo tipo, bisogna pensarci un po' su.

Secondo me, c'è anche una questione di esportazione. Come abbiamo visto dai numeri degli Stati Uniti, se fossimo i primi a realizzare un sistema integrato, potremmo anche addirittura venderlo in altri Paesi.

PRESIDENTE. Nel ringraziarla per il suo contributo e per questa risposta, in cui speravamo, dichiaro conclusa l'audizione.

Sospendo brevemente la seduta.

(I lavori, sospesi alle ore 10,50, sono ripresi alle ore 10,55).

Do il benvenuto al professor Riccardo Lanari, alla professoressa Manuela Bonano e al professor Michele Manunta dell'Istituto di rilevamento elettromagnetico dell'ambiente del Consiglio nazionale delle ricerche, che saluto e ringrazio per avere accettato l'invito a partecipare ai nostri lavori.

Do la parola al professor Lanari per il suo intervento introduttivo.

LANARI. Signor Presidente, innanzitutto vi ringraziamo per l'invito.

Il mio intervento si concentrerà su alcuni aspetti di alcune tecnologie digitali, in particolare quelle che si basano sull'utilizzo di dati radar satellitari con l'obiettivo di analizzare e in alcuni casi monitorare le deformazioni di infrastrutture.

Ho organizzato il mio intervento partendo da un minimo di inquadramento dei sistemi radar che utilizziamo (quelle che svolgiamo sono tutte attività basate sull'utilizzo di tali sistemi) e delle tecniche che applichiamo, le cosiddette tecniche DInSAR (interferometria differenziale SAR).

Vi mostrerò poi una serie di esempi di utilizzo di queste tecnologie, per concludere con un breve accenno agli sviluppi futuri connessi al PNRR che penso possano essere di interesse per la Commissione.

I sistemi che noi utilizziamo si chiamano radar ad apertura sintetica, spesso denominati SAR (acronimo della definizione inglese *synthetic aperture radar*); sono sistemi che, a differenza di quelli tradizionali, anziché guardare verso l'alto guardano verso il basso, perché sono installati a bordo di piattaforme satellitari che si muovono tipicamente lungo orbite polari, quindi si spostano da Sud a Nord (le cosiddette orbite ascendenti) o da Nord a Sud (le cosiddette orbite discendenti). Man mano che questi satelliti si spostano, il radar trasmette degli impulsi a microonde nell'area di interesse i cui echi vengono retrodiffusi, tornano indietro e vengono registrati. Sostanzialmente il principio di funzionamento è questo: trasmettono e ricevono, trasmettono e ricevono. Dalle piattaforme satellitari vengono poi scaricati a terra e abbiamo così la disponibilità di una mappa di echi radar.

Esistono poi tecniche digitali che si basano su computer particolarmente performanti, per cui è possibile elaborare questi dati; sostanzialmente compensiamo gli sfasamenti dati dal movimento relativo fra il satellite e la zona a terra, e quindi è possibile sintetizzare un'antenna di grandi dimensioni ottenendo immagini a microonde della superficie terrestre ad alta risoluzione. In passato la precisione era di qualche decina di metri, poi si è passati a qualche metro; adesso le misurazioni sono anche submetriche e in alcuni contesti è possibile arrivare addirittura a qualche decina di centimetri.

Gli aspetti peculiari di questi sistemi, volendo fare una sintesi estrema, sono i seguenti: sono sistemi che non generano automaticamente delle immagini ma producono degli echi, quindi è necessaria una elaborazione digitale particolarmente importante e accurata per generare le immagini e i prodotti derivati che adesso vi mostrerò; operano dalle microonde, quindi per una caratteristica delle microonde stesse consentono di ottenere immagini indipendentemente dalle condizioni meteo in quanto le microonde penetrano gli strati di nuvole e di pioggia; hanno una sorgente di radiazione propria, quindi sono sistemi che funzionano anche in assenza della luce del sole (funzionano quindi sia di giorno che di notte);

infine – questo è un dettaglio un po' più tecnico – sono sensori coerenti, cioè, oltre a registrare l'intensità della radiazione che torna indietro, registrano anche la fase. Questo è molto importante per le tecniche di interferometria differenziale che applichiamo, in particolare le tecniche DInSAR. Tali tecniche hanno una peculiarità, cioè hanno un obiettivo: attraverso le immagini radar possiamo ricostruire su scala centimetrica, e in alcuni casi subcentimetrica, le deformazioni di un'area di interesse. Per fare questo ovviamente non basta una immagine ma serve una serie temporale di immagini che ancora una volta andiamo a processare con tecniche digitali molto sofisticate. Presso l'IREA – l'Istituto per il rilevamento elettromagnetico dell'ambiente presso cui lavoro – ne abbiamo sviluppata una definita SBAS (*Small baseline subset*) grazie alla quale per ogni *pixel* delle nostre immagini vengono fatti dei confronti sfruttando l'informazione di fase attraverso delle interferenze; queste variazioni di fase vengono analizzate, ovviamente dove il segnale è coerente, cioè dove il segnale è, dal punto di vista della risposta elettromagnetica, consistente nel tempo.

Se consideriamo questo tipo di tecnica è possibile generare determinati risultati. Ad esempio, prendiamo la *slide* che riporta una serie di mappe relative alla velocità media di deformazione dell'area del Golfo di Napoli ottenuta elaborando l'intero archivio di dati dei satelliti europei ERS (*European remote-sensing satellite*) ed Envisat (*Environmental satellite*) acquisiti dal 1992 al 2010. Sono mappe in falsi colori in cui l'informazione l'abbiamo soprattutto in aree urbanizzate e in roccia: il verde indica assenza di deformazione; il rosso indica un allontanamento, uno spostamento nella linea di vista (per questo nelle mappe spesso si trova scritto LOS, acronimo di *line of sight*), quindi sostanzialmente abbassamenti; il blu indica avvicinamento e sollevamento. Nella mappa relativa all'area del Golfo di Napoli riportata nella *slide* di cui vi dicevo c'è soprattutto molto rosso, ma l'aspetto su cui vorrei attirare la vostra attenzione è la sensibilità degli strumenti: riusciamo a ricostruire un millimetro all'anno di deformazione da centinaia di chilometri di distanza, di giorno, di notte e indipendentemente dalle condizioni meteorologiche. La mappa ci consente quindi di apprezzare le deformazioni che si sono verificate in questo ventennio nei Campi Flegrei, nella foce del Volturno, sulla sommità del Vesuvio e anche sulla collina del Vomero.

L'aspetto ulteriormente interessante è che, oltre ad avere una misura media delle deformazioni su scala millimetrica, per ognuno dei *pixel* possiamo seguire l'evoluzione nel tempo, cioè vedere le eventuali oscillazioni. Il *pixel* dei Campi Flegrei, situazione di grande attualità, ci permette di seguire tutta la fase di abbassamento che si è avuta negli anni Novanta e la ripresa del bradisismo a partire dal 2005, il tutto con un'analisi che ormai è sostanzialmente automatizzata e che, con un *processing* automatizzato, fornisce centinaia di migliaia di dati (adesso, con le nuove risoluzioni *pixel*, sono centinaia di milioni).

I satelliti ERS e Envisat non operano più ma ce ne sono altri e l'Italia in questo settore gioca un ruolo molto importante perché ha in or-

bita una propria costellazione, la Cosmo-SkyMed, che è duale, civile e militare, ed è già alla seconda generazione: nel 2007 è stata messa in orbita una prima costellazione di quattro satelliti; di questi uno, purtroppo, dal 2022 non funziona più e quindi attualmente sono tre, a cui se ne stanno aggiungendo altri due di seconda generazione e siamo in attesa di ulteriori due satelliti. Quindi, ad oggi ne abbiamo cinque, che dovrebbero diventare sette, speriamo a breve, anche perché la prima generazione comincia ad essere un po' datata.

È interessante che ogni sedici giorni questi sistemi mappano l'intero territorio nazionale, da orbite ascendenti, con il satellite che va da Sud a Nord, e da orbite discendenti, da Nord a Sud, e lo mappano con due o tre metri di risoluzione, quindi alta. I satelliti generano immagini come quelle che posso mostrarvi nella *slide* che si riferisce, ad esempio, allo stadio Maradona e che riporta, sulla destra, le immagini Cosmo-SkyMed a tre metri di risoluzione e, sulla sinistra, le immagini della costellazione europea Sentinel-1 del programma *Copernicus*, che opera a più bassa risoluzione. Chiaramente una risoluzione più elevata, come nel caso di Cosmo-SkyMed, dà un dettaglio importante e consente di applicare le tecniche DInSAR di analisi di informazioni con grande dettaglio.

Vi faccio qualche esempio per chiarire meglio. Abbiamo una elaborazione di dati raccolti in dieci anni da Cosmo-SkyMed sull'area di Roma. La mappa si presenta in gran parte colorata di verde, il che significa che l'area è per la maggior parte stabile e che nel corso del decennio non si è deformata. Alcune zone, però, presentano una serie di macchie rosse, come quelle che rileviamo in un tratto dell'autostrada Roma-Fiumicino, il che significa che quel tratto di autostrada si deforma. Con questo sistema noi, non solo sappiamo quali zone del tratto autostradale sono interessate dal fenomeno, e lo sappiamo con accuratezza su scala centimetrica e in alcuni casi anche subcentimetrica, ma riusciamo anche a seguire l'evoluzione temporale: in pratica riusciamo a sapere non soltanto quale pezzo dell'infrastruttura si deforma ma anche come lo fa nel tempo. Un'altra immagine mostra una zona più a Nord che comprende un pezzo del Grande raccordo anulare in cui compare una grande macchia rossa, cioè una zona che si deforma. Nell'immagine è possibile vedere il *trend* di deformazione che fornisce agli strutturisti anche delle sezioni che permettono loro di capire quale tratto sia maggiormente interessato dalla deformazione e, soprattutto, quali sono i possibili gradienti, le variazioni o spaziali o temporali, tutto questo in modo totalmente automatizzato, senza dover mettere piede sul posto.

Un altro esempio che posso mostrarvi è quello dell'aeroporto di Fiumicino relativamente al quale la mappa rileva che un pezzo importante di una pista è in subsidenza, cioè si abbassa, e anche questa situazione è rilevata molto chiaramente e in modo automatico dai dati di queste analisi satellitari.

Parliamo poi di uno scenario completamente diverso, quello del Mose, una struttura portuale la cui nuova isola si abbassa probabilmente per fenomeni di compattazione.

Infine, un'altra immagine che vorrei mostrarvi e che si riferisce ancora al mio luogo di origine, Napoli, presenta una grossa macchia blu e rossa che mostra l'attuale fase bradisismica. Se prima la macchia era rossa, ora una parte importante è di colore blu, il che significa che la caldera è in sollevamento. La ripresa bradisismica si vede molto bene e, oltre a questo a larga scala, si vede anche tutta una serie di altri fenomeni come quelli relativi a un tratto del raccordo dell'alta velocità o a un viadotto che sono in via di deformazione.

Sono quindi informazioni di dettaglio su varie tipologie di infrastrutture con diverse fenomenologie di deformazione.

Per quanto riguarda i Campi Flegrei, la deformazione è vulcanica, non è cioè legata alla singola struttura, ma, alla luce dell'interesse che c'è sull'area, anche con riferimento agli aspetti di vulnerabilità, noi stiamo lavorando anche su questo fronte e così, eliminando e filtrando la componente di deformazione vulcanica, la mappa diventa quasi tutta verde. Se però guardiamo con attenzione alcune zone, è possibile cogliere la presenza di fenomeni localizzati, aspetti che non sono connessi al vulcano ma sono propri della struttura e che, in una analisi di vulnerabilità, potrebbero essere elementi da attenzionare rispetto al monitoraggio che si sta facendo.

Un aspetto che mi preme sottolineare in conclusione è che questo automatismo ci porta ad avere migliaia di *pixel* per chilometro quadrato. Poiché abbiamo acquisizioni ogni sedici giorni, è chiaro che non è un monitoraggio in tempo reale, quindi possiamo identificare fenomeni lenti. Capite bene, però, che è impossibile analizzare manualmente centinaia di milioni di *pixel* che ad un certo punto possono attivarsi e mostrare deformazione. Questo è il motivo per cui, in stretta collaborazione con l'università Federico II, ci stiamo spostando su analisi automatiche basate sull'intelligenza artificiale che legge per noi questi dati, in particolare con algoritmi di *machine-learning*, facendo quindi una sorta di *pre-screening* per identificare e in alcuni casi classificare preliminarmente possibili situazioni di condizione critica. Ovviamente queste non sono tecniche che sostituiscono il monitoraggio convenzionale, però lo possono integrare molto bene perché a quel punto, anziché analizzare tutti gli edifici, ci si può concentrare prima su alcuni, possono cioè essere condotte analisi su larga scala che possono essere di supporto nel momento in cui si deve fare l'analisi di un'intera città o di un'intera infrastruttura.

Proprio per favorire l'accesso ai dati e, quindi, per chiarire meglio i punti di forza di queste tecnologie, ma anche gli elementi critici, sulla base di una iniziativa sponsorizzata dal Dipartimento nazionale di protezione civile, di cui noi, come IREA, siamo centro di competenza, assieme alla ReLUIS, altro centro di competenza, abbiamo indicato delle linee guida sull'utilizzo di queste tecniche e di questi dati interferometrici per l'analisi del costruito. Mi fa piacere segnalarvele, anche perché sono state pubblicate da pochissimo e sono oggetto di una inchiesta pubblica: i professionisti e le istituzioni interessati a questi temi possono fornire delle indicazioni in base alle quali andremo a integrare le linee guida che

a questo punto dovrebbero costituire una sorta di menabò per l'utilizzo dei dati.

Infine, vorrei parlarvi brevemente di uno sviluppo futuro del PNRR. Come forse saprete, uno degli investimenti del PNRR si concentra su un'intera nuova costellazione (in realtà, una costellazione di costellazioni), IRIDE, che avrà una componente SAR. Per la precisione le costellazioni sarebbero due, ma mi soffermo in particolare sulla Nimbus, una piattaforma che viene utilizzata da 10 satelliti SAR, mandati in orbita con due lanci – il primo da sei e il secondo da quattro – che ancora operano nella stessa banda di frequenza di Cosmo-SkyMed. È possibile fare interferometria, quindi applicare queste tecniche. Sono ovviamente dei microsattelliti, quindi in termini di prestazioni sono più limitati di Cosmo-SkyMed, ma l'idea che abbiamo, e per la quale stiamo contribuendo con uno studio, è quella di creare una sinergia fra i due sistemi, Cosmo-SkyMed e IRIDE, soprattutto con riferimento alle osservazioni del territorio nazionale, per cercare di combinare i punti di forza, quindi sfruttare questo investimento ad accrescimento. L'idea su cui stiamo lavorando – che per ora è solo un'idea – è di non metterli sullo stesso piano orbitale di Cosmo, ma con un'orbita inclinata, in modo tale che in sei giorni sarebbe possibile mappare l'intero territorio nazionale sia da orbite ascendenti che discendenti. Quindi, non solo si aumenterebbe la frequenza ma si inclinerebbe anche l'orbita, così da riuscire a risolvere anche le componenti delle deformazioni nella direzione Nord-Sud che con Cosmo non vediamo perché in Cosmo le orbite sono quasi polari e quindi le rilevazioni si confondono con il movimento terrestre. Potremmo quindi passare da analisi bidimensionali ad analisi tridimensionali dell'ambiente costruito e anche delle infrastrutture, aumentando in questa sinergia la capacità di indagine con questo tipo di tecnologie.

Spero di essere stato sufficientemente chiaro e anche celere.

Ovviamente sono a disposizione per domande e curiosità, ringrazian-dovi per l'attenzione.

PRESIDENTE. Grazie professore, siamo noi che ringraziamo lei e, per il suo tramite, il Consiglio nazionale delle ricerche.

Vorrei soltanto chiederle se i dati che voi raccogliete sono *open data*, quindi disponibili, e se il rapporto con la Protezione civile contempla la trasmissione di segnalazioni di eventuali criticità da voi rilevate sulle infrastrutture, laddove ci siano delle soglie che repute di rischio.

LANARI. Come accennavo prima, noi siamo centro di competenza del Dipartimento della protezione civile, quindi operiamo a supporto del Dipartimento svolgendo in particolare due ruoli specifici: sviluppiamo attività di vero e proprio monitoraggio sulle aree vulcaniche nazionali e forniamo informazioni in scenari sismici, cioè quando ci sono eventi al di sopra di una certa magnitudo. Quindi, quello che facciamo in queste attività di monitoraggio è fornire periodicamente, oltre ai prodotti delle nostre analisi, anche dei *report* che evidenziano eventuali elementi di varia-

zione che riteniamo rilevanti. Questo però accade sulle aree vulcaniche come i Campi Flegrei. Ovviamente il monitoraggio dell'intero territorio nazionale è un aspetto a cui speriamo si possa arrivare con un nuovo *step* che ci consenta di estendere questo tipo di indagini all'intera Penisola. È chiaro che ciò richiede un'elaborazione molto importante e significativa, però è estremamente rilevante il fatto che in Italia abbiamo i sistemi e le competenze da mettere a fattor comune. Rispetto a questo, come Consiglio nazionale delle ricerche siamo assolutamente a disposizione.

PRESIDENTE. Ringrazio il professor Lanari e tutti i suoi colleghi del CNR qui presenti per il contributo dato a questa indagine conoscitiva. Dichiaro concluse le audizioni odierne. Rinvio il seguito dell'indagine conoscitiva ad altra seduta.

I lavori terminano alle ore 11,15.