



Robot umanoide sviluppato da Beijing Humanoid Robot Innovation Center



ROBOT UMANOIDI E SISTEMI ADATTIVI NEI PROCESSI INDUSTRIALI

Gaia Fiertler

Robot umanoidi che vincono mezze maratone, danzano e praticano Kung Fu con agilità e destrezza. Sono i risultati sorprendenti degli investimenti milionari cinesi che, nella robotica, stanno seguendo il nuovo paradigma non più dettato da leggi deterministiche, ma basato su probabilità e capacità di apprendimento dei sistemi, traducibili in comportamenti autonomi, adattativi e flessibili in ambienti interattivi (“Human-Machine interaction”).

Questo cambio di paradigma è stato reso possibile dalla forte iniezione di intelligenza artificiale generativa e agentica che diventa fisica (la cosiddetta “Embodied AI” o “Physical AI”), entra cioè nella robotica che ne diventa il “braccio” operativo.

Su questa evoluzione della tecnologia, l'Europa è trascinata da Neura Robotics, startup tedesca che ha ricevuto un primo round di investimenti da 120 milioni di euro (come l'italiana D-Orbit nel 2024 in ambito aerospaziale) e di cui si vocifera un possibile secondo round da un miliardo di euro. Al CES di Las Vegas lo scorso gennaio, accanto a 16 aziende cinesi con soluzioni avveniristiche, Neura ha presentato il proprio robot umanoide cognitivo, progettato per compiti domestici e industriali, che interagisce con linguaggio naturale, riconosce oggetti e persone e svolge mansioni come pulire, cucinare e smistare oggetti. Ma sono pronti questi robot di ultima generazione, indicati dall'IFR (International Federation Robotics) come il trend futuro, a entrare nei

CHI È ANTONIO FRISOLI

Professore ordinario di Meccanica Applicata alle Macchine alla Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa e docente di robotica, dirige l'area di Interazione Uomo-Robot all'interno del laboratorio PERCRO (Perceptual Robotics) dell'ateneo. Ha conseguito il dottorato con lode in Ingegneria nel 2002, sempre alla Scuola Superiore Sant'Anna, e la laurea in Ingegneria Meccanica con lode presso l'Università di Pisa nel 1998. Attualmente è presidente di Artes 4.0, Centro Nazionale di Competenza su intelligenza artificiale, robotica e Industria 4.0. È membro senior dell'IEEE ed è stato associate editor di numerose riviste di settore. Molto attivo nel trasferimento tecnologico e nell'Open Innovation, è co-fondatore dei due spin-off: Wearable Robotics Srl (esoscheletri per la riabilitazione e il potenziamento umano) e Next Generation Robotics Srl, che sta sviluppando nuove tecnologie robotiche e di intelligenza artificiale per il settore ferroviario e rotabile.

DALLA
CINA ALL'EUROPA,
I ROBOT UMANOIDI
EVOLVONO GRAZIE
ALL'AI "INCARNATA":
APPRENDONO,
SI ADATTANO E
INTERAGISCONO.
TRA INVESTIMENTI
RECORD E
PROTOTIPI
AVANZATI,
LA VERA
SFIDA RESTA
PORTARLI IN
SICUREZZA
NELLE
APPLICAZIONI
INDUSTRIALI
REALI

layout di fabbrica e a lavorare accanto e insieme agli operatori umani, guidati da piattaforme multi-robotiche? «No, ancora no. Sulle applicazioni siamo tutti a uno stadio di sperimentazione e validazione sul campo, anche attraverso collaborazioni internazionali, come tra Cina e Italia. La sfida, infatti, non è tanto la produzione di questi robot, che sono ormai disponibili sul mercato, ma le loro applicazioni d'uso: la verifica di una interazione sicura, affidabile ed efficiente in contesti industriali reali», spiega Antonio Frisoli, professore di Ingegneria Meccanica e docente di Robotica all'Istituto Superiore Sant'Anna di Siena e presidente del Competence Center Artes 4.0.

Professore, partiamo dalla "Embodied AI". Che cosa significa?

Il nuovo paradigma robotico è possibile perché l'intelligenza artificiale entra nei corpi meccanici a più livelli. In estrema sintesi, la capacità percettiva del robot è resa possibile dalla Computer Vision e dal Visual Language Model (VLM), che agisce come il Large Language

Model (LLM), ma sull'osservazione visiva di immagini, gesti e azioni. Grazie quindi all'addestramento dei modelli VLM in ambienti di simulazione e o da esempi reali, diventa facile trasferire skill complesse a questi robot umanoidi, che traducono gli algoritmi in sequenze autonome e complesse di azioni. Le Big-Tech stanno investendo moltissimo in questa nuova prospettiva collaborativa, che va oltre i cobot programmati per svolgere compiti semplici accanto ai colleghi umani. L'Advanced Robotics, invece, aiuterà a superare il problema demografico e la carenza di personale in molti sistemi industriali, ma non mancano le sfide.

Quali sono le sfide?

Siamo tutti in fase di validazione: i robot umanoidi sono disponibili sul mercato, ma non ci sono ancora i casi d'uso, ossia applicazioni concrete validate, che dimostrino robustezza dei modelli di apprendimento e una traduzione affidabile, efficace ed efficiente, in comportamenti autonomi e variabili a seconda del contesto. Siamo tutti a uno stadio di laboratorio industria-





Robot umanoide sviluppato da Unitree

le: bisogna addestrare, testare e verificare sul campo la capacità di queste piattaforme di intelligenza artificiale fisica (Physical AI) di apprendere da immagini e gesti in movimento e compiere azioni conseguenti. Servono molte risorse e grande capacità di calcolo. Un limite per ora è la velocità e andrà affrontata anche la sfida della regolamentazione di questi sistemi adattativi, poiché quanta più autonomia di comportamento e di decisione avranno, tanto più si apriranno profili di rischio e scenari di responsabilità. Se non saranno più guidati da sistemi deterministici, ma dall'AI generativa, eventuali errori a chi saranno imputabili? L'AI Act ha iniziato a regolamentare l'impiego dell'AI sulla base dei diversi livelli di rischio, ma non contempla questi specifici scenari che

non saranno comunque immediati per i tempi di raccolta dati, addestramento e validazione dei robot umanoidi in fabbrica.

Anche i cinesi sono ancora in laboratorio?

Sì, anche loro. Proprio con il Beijing Humanoid Robot Innovation Center (noto anche come X-Humanoid), Artes 4.0 ha avviato una collaborazione. Si tratta di un Centro di ricerca nazionale cinese che, con il supporto di aziende primarie come Xiaomi e UBTECH, ha sviluppato la piattaforma Tiangong applicabile a diversi umanoidi, tra cui quello che ha vinto la mezza maratona a Pechino. Artes 4.0 sta allestendo un nuovo laboratorio avanzato di robotica, che comprende anche un loro robot umanoide industriale, ma il vero allenamento sarà sul software, ossia sui possibili casi d'uso concreti delle nuove piattaforme robotiche. Questi robot sono meno specializzati di quelli guidati dalla pura automazione, perché devono poter compiere operazioni diverse a seconda del contesto, negli snodi in cui vengono inseriti in manifattura e logistica e in base all'interazione mutevole con gli umani. Proprio per accelerare la verifica sul campo industriale, e non basarci solo su verifiche pilota, abbiamo stretto una partnership anche con il Competence Center CIM4.0 con sede a Torino.

Da cosa nasce la collaborazione con il Competence Center CIM4.0?

Abbiamo deciso di mettere a sistema le nostre reciproche competenze in un Joint Lab di robotica intelligente in modo da intercettare la domanda di aziende interessate a verificare se l'Embodied AI sia una risposta possibile alla competitività industriale, combinando flessibilità d'uso ed efficienza di risultato. Per questo servono linee dimostrative, come il Joint Lab che, con un team congiunto e interdisciplinare di una decina di esperti, sfrutterà sia il nostro nuovo laboratorio sia le linee di CIM4.0. Ma prima di validare l'applicazione in contesti industriali, vogliamo capire se ci sia interesse, ossia se ci sia la domanda.

Le aziende come stanno rispondendo?

L'accordo è diventato operativo a inizio 2026 e le aziende iniziano a rispondere, soprattutto nel campo della

manifattura. L'Italia ha una grande tradizione di ingegneria e capacità inventiva, sostenuta da imprenditori innovativi, molto aperti al cambiamento e a pensare ai processi in modo flessibile, mentalità che è la risposta vincente soprattutto nei periodi di crisi e volatilità dei mercati, che richiedono personalizzazione, velocità di reazione e produzione di piccoli lotti. L'Italia è seconda in Europa come produzione manifatturiera e, per esportazione, quarta o quinta al mondo.

Qual è il ruolo di Artes 4.0 e CIM4.0 in questa partita più ampia?

Entrambi facciamo da anello di congiunzione tra i know-how universitari di altissimo livello e le esigenze del mercato, che raccogliamo e utilizziamo per fare ricerca applicata (prototipazione industriale, test before invest, formazione e disseminazione). Sulla robotica Artes 4.0 può avvalersi della Scuola Superiore Sant'Anna di Pisa, nostro socio e settimo al mondo nel Global Ranking of Academic Subjects (GRAS) 2025 di Shanghai Ranking per la robotica (su 1.900 atenei al mondo), mentre il CIM4.0 conta anche sul know-how del Politecnico di Torino. I nostri sono ecosistemi estesi di innovazione, che comprendono anche aziende di punta in ambito di manifattura avanzata, intelligenza artificiale e robotica.

Anche l'Italia produce robot umanoidi?

In Brianza opera la scaleup Oversonics Robotics, che ha ricevuto diversi finanziamenti pubblici e privati e che ha sviluppato il robot umanoide RoBee, progettato per lavorare nelle fabbriche e nei centri medici. È uno dei primi al mondo ad aver ottenuto certificazioni per operare in sicurezza accanto agli esseri umani, grazie a sensori laser e telecamere 3D della multinazionale italiana Datalogic, entrata nel capitale nel 2023. Gene.01, invece, è il robot umanoide intelligente sviluppato da Generative Bionics, spin-off dell'Istituto Italiano di Tecnologia (IIT). Lo spin-off ingegnerizza la tecnologia sviluppata dal Centro di Ricerca di Genova ed è autore di una evoluta pelle robotica come elemento di interazione tra umano e robot.

Quali sono le sfide e le opportunità per l'Europa?

La strategia dell'Europa è di creare un proprio modello di intelligenza artificiale con investimenti su più fronti, com-

prese le AI Factories con grandi capacità di calcolo, per garantirsi la sovranità dei dati e delle regole sui cui addestrare i modelli e dunque avere consapevolezza dei possibili output, effetti e impatti di questi sistemi evoluti. Si tratta di esercitare una capacità di leadership su queste tecnologie, con un proprio motore di intelligenza artificiale, come il CERN di Ginevra per la fisica nucleare, citando il nostro premio Nobel Giorgio Parisi.

Che consigli darebbe alle aziende nella sua triplice veste di accademico, presidente di un Competence Center e creatore d'impresa per affrontare questo cambio di paradigma?

Una prima azione concreta della collaborazione Artes-CIM è il White Paper "Robotica avanzata nell'industria: evoluzioni tecnologiche, impatti e prospettive. Una leva per la competitività delle imprese del made in Italy". Redatto da CIM4.0 e disponibile sul sito del Competence Center torinese, come Artes 4.0 abbiamo contribuito al capitolo sulle raccomandazioni strategiche per imprese e decision maker. Quello che mi sento di raccomandare alle imprese è che, proprio perché è un cambio di paradigma, non va inteso solo come upgrade tecnologico, ma come trasformazione socio-tecnica, che include processi, organizzazione e persone, verso una interazione attiva e collaborativa tra macchine, fattori abilitanti, processi data-driven e operatori. Inoltre, proprio per la complessità dell'approccio e del processo di Change Management sottostante, non c'è da attendersi una dinamica lineare nell'impatto sul business, con un ROI rapidamente misurabile. Si tratta di innovazioni che richiedono capacità di visione, preparazione e predisposizione ad accogliere il nuovo paradigma e investire organizzativamente e culturalmente, con un focus sull'evoluzione delle competenze, che anche in fabbrica saranno meno operative e ripetitive e più di gestione e organizzazione. Il fattore abilitante AI, che supporta le persone nelle decisioni, va di pari passo con l'evoluzione della Physical AI e la sua collaborazione con gli operatori umani. Insomma, è ben più di una semplice ottimizzazione produttiva. Bisognerà tener conto anche del fatto che questa interazione avverrà in luoghi pensati e realizzati per le persone, senza dover cambiare gli spazi fisici, perché teoricamente questi robot avanzati dovrebbero avere capacità di adattamento, ma siamo in fase di validazione anche su questo aspetto. ▲