

AIOT

Internet of Things e intelligenza artificiale, l'unione vincente che cambierà il mondo

L'utilizzo congiunto di strumenti Internet of Things e algoritmi di intelligenza artificiale (AIoT) permette di creare sinergia tra mondi che rappresentano il futuro dell'evoluzione tecnologica e abilitare scenari molto eterogenei. Ecco alcuni esempi di utilizzi in cui l'AIoT rappresenta un'integrazione interessante

[Laura Belli](#)

Università degli Studi di Parma, Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT), Unità di Ricerca di Parma, Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI), Unità di Ricerca di Parma, things2i s.r.l., Parma

[Luca Davoli](#)

Università degli Studi di Parma, Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT), Unità di Ricerca di Parma, Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI), Unità di Ricerca di Parma, things2i s.r.l., Parma

[Gianluigi Ferrari](#)

Università degli Studi di Parma, Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni (CNIT), Unità di Ricerca di Parma, Consorzio Interuniversitario Nazionale per l'Informatica (CINI), Unità di Ricerca di Parma, things2i s.r.l., Parma

Come per i dispositivi di **Internet of Things** (IoT), la cui applicazione, per molti settori (quali quello sanitario, edilizio, automobilistico, ferroviario, ed altri), rappresenta un cambiamento rivoluzionario in termini di potenzialità e servizi all'utenza finale, l'altra faccia della medaglia del mondo dell'[intelligenza artificiale](#) è legata alla qualità dei dati con cui i modelli e gli algoritmi sono addestrati: è necessario avere a disposizione delle **fonti affidabili** per poter addestrare correttamente questo tipo di sistemi.

Una soluzione a queste problematiche può essere rappresentata dal loro **utilizzo congiunto**, in modo da poter creare una **sinergia** tra mondi che rappresentano il futuro dell'evoluzione tecnologica, consentendo a questi mondi di poter trarre beneficio da tale sinergia stessa. Infatti, l'AI aumenta il valore dell'IoT attraverso l'apprendimento automatico (trasformando i dati raccolti dai dispositivi in informazioni utili), mentre l'IoT aumenta il valore dell'AI incrementando la connettività e lo scambio di dati.

Proviamo dunque, dopo aver esaminato le problematiche, a evidenziare esempi positivi di sinergia tra i due settori.

Internet of Things, dati ovunque: vantaggi e rischi

Come ormai ben sappiamo, negli ultimi anni lo sviluppo tecnologico nel campo dell'elettronica di consumo e delle applicazioni industriali si è rivelato determinante per migliorare il **benessere** delle persone e per una maggiore sostenibilità della tecnologia in senso lato. Sulla base di questo sviluppo, **dispositivi sempre più miniaturizzati** (connessi sia ad Internet sia tra di loro) ed in grado di raccogliere ed elaborare dati ovunque (everywhere computing) stanno facendo “la parte del leone” nella quotidianità di molte persone.

Esempi di sviluppi tecnologicamente avanzati possono essere rappresentati dai **fitness tracker**, dispositivi indossabili in grado di misurare con precisione i movimenti di chi li indossa durante l'attività fisica (e non solo) grazie all'impiego di sensori integrati. Tuttavia, occorre anche considerare altri aspetti fondamentali della questione, quali: la quantità notevole di dati che questi dispositivi wearable sono in grado di produrre e gli aspetti di sicurezza che questa evoluzione tecnologica pone. A titolo di esempio, nel 2018 l'uso di alcuni **fitness tracker** ha rivelato su Internet la posizione sino ad allora segreta di alcune basi militari sparse per il mondo a causa della pubblicizzazione delle [attività di jogging](#) dei soldati.

Altri esempi possono essere legati ad **attacchi rivolti verso milioni di webcam**, stampanti, giocattoli per bambini e persino aspirapolvere, nonché attacchi di tipo Distributed Denial-of-Service (DDoS), con l'obiettivo di inibire la disponibilità di determinati servizi. Come conseguenza di questo tipo di criticità si potrebbe riscontrare la riduzione della fiducia degli utenti nei confronti della tecnologia. Pertanto, la disponibilità di dati raccolti o prodotti da tali dispositivi deve essere gestita con accortezza, ma nello stesso tempo è ragionevolmente impossibile per una persona umana essere in grado di elaborare un ammontare tanto elevato di informazioni.

Per questo motivo, un altro filone di ricerca che ha risvolti abilitanti e positivi in un numero elevato di scenari riguarda lo sviluppo di **algoritmi di Intelligenza Artificiale (Artificial Intelligence, AI) e Machine Learning (ML) che consentano una migliore elaborazione e gestione di tali dati.**

A titolo esemplificativo, l'impiego di meccanismi di AI e ML può consentire il riconoscimento automatico dei volti in situazioni particolari (di pericolo o di sicurezza), il controllo remoto (tramite riconoscimento vocale) di dispositivi connessi all'interno di un'abitazione o in un veicolo durante la guida, oppure la predizione di fenomeni ambientali con un certo grado di precisione.

AIoT (AI + IoT): esempi di sinergia

Un esempio di sinergia è di interesse anche per l'Unione Europea, che all'interno del [programma Horizon 2020](#) (H2020) finanzia, tra gli altri, il progetto “Intelligent Secure Trustable Things” ([InSecTT](#)), a cui partecipa attivamente [l'Internet of Things Lab](#) dell'Università di Parma che mira a definire sistemi intelligenti e scalabili per l'incremento dell'affidabilità e della sicurezza di sistemi eterogenei. Inoltre, questa “joint venture tecnologica” favorisce anche la migrazione dell'AI da infrastrutture di cloud computing centralizzate verso il paradigma più innovativo denominato edge computing, ovvero l'elaborazione locale dei dati su un dispositivo di tipo IoT, abilitando in questo

sensu applicazioni che debbano gestire dati in tempo reale (ad esempio, per veicoli a guida autonoma, predizione in contesti di agricoltura intelligente, robot e molteplici altre applicazioni industriali).

Questa **spinta dell'AI verso il paradigma dell'edge computing** è osservabile anche per mezzo dei recenti annunci nel mondo dell'elettronica di consumo: colossi mondiali dell'ICT stanno riducendo in misura sempre maggiore i prezzi dei propri modelli di riconoscimento vocale per consentirne un utilizzo anche su dispositivi embedded in modalità "isolata" senza la necessità di **una connessione stabile e persistente ad Internet**, e dei propri prodotti hardware di recente rilascio – un esempio è Google, che nell'ottobre 2018 ha rilasciato un processore denominato **Edge TPU**, appositamente definito per eseguire modelli AI TensorFlow Lite specifici su dispositivi di tipo edge.

Come anticipato, l'utilizzo congiunto dell'AI e dell'IoT è un elemento abilitante per scenari molto eterogenei tra loro: di seguito, a titolo esemplificativo, sono riportati alcuni utilizzi in cui l'AIoT rappresenta un'integrazione interessante.

Edifici ed esercizi commerciali

Un primo esempio di applicazione dell'AIoT può essere legato ad edifici con uffici intelligenti, dotati di una rete di sensori ambientali in grado di rilevare il personale presente e regolare, di conseguenza, i parametri ambientali (per esempio, temperatura ed illuminazione) per migliorare l'efficienza energetica dei singoli uffici e dell'intero edificio commerciale. Un altro aspetto che può beneficiare dell'AIoT può riguardare il controllo degli accessi all'edificio intelligente attraverso una tecnologia di riconoscimento facciale dei visitatori e del personale dipendente. La combinazione di telecamere connesse, le cui immagini in uscita sono analizzate per mezzo di modelli di AI in grado di confrontare le immagini scattate in tempo reale con un database per determinare chi dovrebbe essere autorizzato ad accedere nell'edificio, rappresenta un esempio perfetto di applicazione del concetto dell'AIoT.

In modo simile, i dipendenti non avrebbero bisogno di timbrare l'ingresso o l'uscita dall'edificio, e questo concorrerebbe anche ad un miglioramento delle politiche di sicurezza sul lavoro in tema di presenze non autorizzate in scenari particolari. Nel caso di esercizi commerciali, un simile sistema AIoT potrebbe aiutare nel riconoscimento dei clienti nel momento in cui entrano all'interno dell'esercizio commerciale. In questo frangente, il sistema sarebbe in grado di raccogliere informazioni sui clienti, incluse preferenze sui prodotti di interesse, il flusso seguito all'interno del negozio, al contempo analizzando i dati per prevedere con precisione il comportamento dei clienti, ed utilizzando tali informazioni per prendere decisioni sulle strategie commerciali da prendere all'interno dell'esercizio (es. marketing, pubblicità mirate per fasce di età, posizionamento di determinati prodotti in determinati punti strategici del negozio, ecc.).

Gestione di flotte di veicoli autonomi

L'AIoT può essere utilizzato anche per la gestione di flotte di veicoli, per il monitoraggio dei veicoli in tema di manutenzioni previste e, per quanto possibile, anche con un approccio predittivo, per ridurre i costi del carburante necessario per i singoli veicoli, ed anche per identificare comportamenti anomali o non sicuri dei conducenti. L'utilizzo di dispositivi IoT quali GPS ed altri sensori, unitamente ad un sistema AI in grado di elaborare i dati in arrivo dalle varie componenti del sistema, favorisce l'AIoT anche in questi contesti. L'applicazione di tecnologie orientate all'AIoT per la sicurezza della guida è una tematica di particolare interesse sia per il mondo accademico che

per l'industria, ed anche l'Unione Europea favorisce la ricerca in questa direzione. Un esempio è legato al progetto Europeo "Next Generation Smart Perception Sensors and Distributed Intelligence for Proactive Human Monitoring in Health, Wellbeing, and Automotive Systems" ([NextPerception](#)), finanziato all'interno del programma H2020 e a cui partecipa attivamente l'Internet of Things Lab dell'Università di Parma. L'obiettivo del progetto NextPerception è proprio quello di unire lo sviluppo di sensori innovativi a tecniche di intelligenza distribuita per costruire servizi di monitoraggio delle persone, anche all'interno dei veicoli, durante la guida.

Un altro utilizzo del concetto di AIoT è legato ai veicoli autonomi, come ad esempio i sistemi di guida automatica presenti a bordo di autovetture, e definiti da diverse aziende (es. [Amazon](#), [Apple](#), [Audi](#), [Baidu](#), [Ford](#), [Hyundai](#), [Microsoft](#), [Nvidia](#), [Samsung](#), [Tesla](#), [Toyota](#), [Uber](#), [Waymo](#)), che utilizzano radar, sonar, GPS e fotocamere per raccogliere dati sulle condizioni di guida e, in accoppiata con un sistema di AI, prendono decisioni sulle eventuali azioni da mettere in campo in situazioni di pericolo.

Monitoraggio di aree vaste mediante droni volanti

Un altro esempio di applicazione dell'AIoT riguarda il monitoraggio del traffico in una smart city mediante droni. Un controllo in tempo reale, con la conseguente possibilità di richiedere modifiche al flusso del traffico (es. mediante l'aggiornamento delle politiche di accensione/spengimento dei semafori stradali), rappresenta una possibilità innovativa anche in tema di sostenibilità ambientale, in modo da ridurre il tasso di congestione urbano. Nel dettaglio, nel momento in cui i droni sono utilizzati per monitorare un'area vasta, sono in grado di trasmettere dati sul traffico monitorato, che vengono utilizzati dai modelli di AI per eseguire analisi di vario genere e prendere decisioni per la salvaguardia della situazione (es. rilevamento di incidenti e di situazioni di parcheggio in zone non consentite, ovvero la modifica della sequenza di attivazione di una determinata serie di semafori per consentire ai mezzi di soccorso raggiungere più rapidamente i pazienti che necessitano di assistenza sanitaria). Anche in questo ambito, l'Unione Europea sta supportando la ricerca degli Stati membri, finanziando progetti innovativi quali, ad esempio, il progetto "Airborne Data Collection on Resilient System Architectures" ([ADACORSA](#)), finanziato all'interno del programma H2020 e partito nel 2020, e a cui partecipa attivamente l'Internet of Things Lab dell'Università di Parma, con lo scopo di utilizzare le tecnologie IoT per migliorare l'efficacia e la sicurezza dei droni, con particolare attenzione a scenari operativi oltre la linea di visibilità (Beyond Visual Line of Sight, BVLOS), per consentire pertanto ai droni di eseguire operazioni complesse e di spostarsi minimizzando l'intervento umano.

Agricoltura intelligente

L'introduzione di tecnologie eterogenee (quali quelle legate all'IoT ed all'AI) nel settore agricolo, con l'obiettivo di migliorare la produttività e la sostenibilità, è attualmente una pratica consolidata. Infatti, grazie a questo trend, negli ultimi anni i processi produttivi delle serre orticole sono stati ottimizzati, ad esempio in termini di automatizzazione crescente, tendendo verso i concetti di Smart Agriculture o Smart Farming.^[1] A tal fine, le serre svolgono un ruolo cruciale nelle produzioni agricole, poiché, attraverso la definizione di condizioni di crescita ottimali per le coltivazioni indoor, ortaggi, frutta, erbe ed altri tipi di prodotti commestibili possono essere coltivati in qualsiasi momento ed ovunque, indipendentemente dalla loro stagionalità o dalle condizioni meteorologiche (eventualmente avverse) della loro area di coltivazione.^[2] Nel contesto delle coltivazioni in serra,

L'AIoT può rappresentare un fattore abilitante specialmente per la definizione di metodologie per lo sviluppo ed il mantenimento di un habitat (anche definito come “microclima”) di crescita adeguato, in dettaglio corrispondente ad un insieme complesso di variabili ambientali interne alla serra (es. umidità del terreno, temperatura ed umidità dell'aria, livello di radiazione solare in diversi punti della serra, ecc.) che, se esaminati in modo interconnesso, consentono un'analisi puntuale delle possibili attuazioni da compiere all'interno della serra (es. sistemi di raffreddamento, riscaldamento o ventilazione installati internamente), i cui dati potrebbero essere potenzialmente correlati anche a fattori esterni (es. condizioni meteorologiche, velocità del vento, ecc.).^[3]

Con riferimento al monitoraggio semplificato ed automatizzato reso possibile dall'adozione di tecnologie AIoT in contesti di Smart Agriculture, è possibile identificare tre aree principali di intervento.

- **Valori (sensoriali) relativi a variabili ambientali** rilevanti interne alla serra, che debbano essere mantenuti entro ben definiti intervalli adeguati (ad esempio, umidità dell'aria e temperatura), possono essere raccolti attraverso dispositivi IoT dotati di sensori generalmente organizzati come reti wireless di nodi sensoriali (Wireless Sensor Network, WSN). Inoltre, date le caratteristiche strutturali dei nodi IoT, ai quali è richiesto un basso consumo energetico ed una longevità dell'ordine degli anni, solitamente i dati raccolti da tali nodi sono inviati ad entità meno vincolate, spesso indicate come gateway (GW) e connesse ad Internet. Quindi, i GW generalmente inoltrano i dati dei nodi IoT ad infrastrutture di elaborazione e calcolo situate all'interno di piattaforme di cloud computing^[4] per essere successivamente recuperati e visualizzati a beneficio sia degli utenti finali (agricoltori) sia di ricercatori del settore.^{[5],[6],[7]}
- All'interno di un tale sistema di raccolta, possono essere integrati ulteriori dispositivi di controllo (es. nodi **attuatori**), **installati all'interno della serra per regolarne il clima interno.**^[8] **Ad esempio, se** un nodo sensoriale IoT rilevasse un indice di umidità dell'aria pericoloso, sarebbe possibile attivare automaticamente un sistema di ventilazione per abbassare l'umidità dell'aria.
- **A supporto dell'acquisizione dati ed attuazione**, lo sviluppo di modelli complessi e di algoritmi di predittivi, con l'obiettivo di prevedere valori futuri delle variabili ambientali monitorate, rappresenta un'avanguardia nel settore agricolo. A titolo esemplificativo, le variabili interne di una serra monitorata mediante nodi IoT potrebbero essere predette in modo soddisfacente attraverso algoritmi di Deep Learning (DL) basati su reti neurali (Neural Networks, NN).^[9] Questo potrebbe andare a beneficio anche di situazioni in cui vi siano carenze di dati in determinati momenti: mediante algoritmi di AI, sarebbe possibile dedurre i dati mancanti dei sensori, come quelli non correttamente raccolti all'interno della serra a causa di una temporanea mancanza di connettività di rete, nonché per operazioni di manutenzione.

EdgeAI, la nuova tendenza

Poiché l'adozione di algoritmi basati su NN fornisce generalmente vantaggi significativi, e sebbene negli ultimi anni questi algoritmi siano stati definiti principalmente per essere eseguiti nel cloud, ultimamente sta emergendo una nuova promettente tendenza, denominata EdgeAI e legata al trasferimento di intelligenza dal cloud fino all'edge.^[10] Infatti, l'esecuzione di algoritmi di AI su

dispositivi IoT edge che si trovino vicino alle sorgenti dei dati (ovvero, i nodi IoT) offre degli indubbi vantaggi, quale la riduzione della quantità di dati da inoltrare dall'edge al cloud, riducendo quindi il carico di rete e la latenza, e supportando la scalabilità.

I limiti

Come svantaggio, però, gli algoritmi di AI eseguiti on-the-edge devono essere progettati tenendo conto delle limitazioni imposte dai dispositivi IoT, principalmente in termini di memoria richiesta, risorse computazionali ed energetiche, significativamente inferiori a quelli offerti dalle piattaforme cloud. Pertanto, durante la modellazione degli algoritmi di tipo EdgeAI, è necessario cercare un compromesso equilibrato tra (i) la volontà di raggiungere le migliori prestazioni (in termini di previsione e predizione) e (ii) l'implementazione di un modello di AI di predizione "abbastanza leggero" a livello computazionale, in modo che possa essere eseguito da un dispositivo IoT. A questo riguardo, per quantificare questo trade-off, esistono in letteratura vari indici di performance che possono essere utilizzati come stima della decisione.^[11]

Note e bibliografia

1. G. Codeluppi, A. Cilfone, L. Davoli, G. Ferrari, "VegIoT Garden: a modular IoT Management Platform for Urban Vegetable Gardens," 2019 IEEE International Workshop on Metrology for Agriculture and Forestry (MetroAgriFor), 2019, pp. 121-126. doi: 10.1109/MetroAgriFor.2019.8909228. [↑](#)
2. A. Kumar, G.N. Tiwari, S. Kumar, M. Pandey, "Role of Greenhouse Technology in Agricultural Engineering," International Journal of Agricultural Research, 2010, vol. 5, pp. 779-787. doi: 10.3923/ijar.2006.364.372. [↑](#)
3. G.P.A. Bot, "Physical modeling of greenhouse climate," IFAC Proceedings Volumes, 1991, vol. 24, no. 11, 1991, pp. 1-12. doi: 10.1016/B978-0-08-041273-3.50006-9. [↑](#)
4. L. Belli, S. Cirani, L. Davoli, L. Melegari, M. Mόνton, M. Picone, "An Open-Source Cloud Architecture for Big Stream IoT Applications," Interoperability and Open-Source Solutions for the Internet of Things, 2015, vol. 9001. doi: 10.1007/978-3-319-16546-2_7. [↑](#)
5. A. Kochhar, N. Kumar, "Wireless sensor networks for greenhouses: An end-to-end review," Computers and Electronics in Agriculture, 2019, vol. 163. doi: 10.1016/j.compag.2019.104877. [↑](#)
6. G. Codeluppi, A. Cilfone, L. Davoli, G. Ferrari, "LoRaFarM: A LoRaWAN-Based Smart Farming Modular IoT Architecture," Sensors, 2020, vol. 20, no. 7. doi: 10.3390/s20072028. [↑](#)
7. M. Abbasi, M. H. Yaghmaee, F. Rahn timer, "Internet of Things in Agriculture: A Survey," 2019 3rd International Conference on Internet of Things and Applications (IoT), 2019, pp. 1-12. doi: 10.1109/IICITA.2019.8808839. [↑](#)
8. Z. Zou, Y. Bie, M. Zhou, "Design of an Intelligent Control System for Greenhouse," 2018 2nd IEEE Advanced Information Management, Communicates, Electronic and Automation Control Conference (IMCEC), 2018, pp. 1-1635. doi: 10.1109/IMCEC.2018.8469309. [↑](#)
9. T. Moon, S. Hong, H.Y. Choi, D.H. Jung, S.H. Chang, J.E. Son, "Interpolation of greenhouse environment data using multilayer perceptron," Computers and Electronics in Agriculture, 2019, vol. 166. doi: 10.1016/j.compag.2019.105023. [↑](#)

10. Y. Lee, P. Tsung, M. Wu, "Technology trend of edge AI," 2018 International Symposium on VLSI Design, Automation and Test (VLSI-DAT), 2018, pp. 1-2. doi: 10.1109/VLSI-DAT.2018.8373244. [↑](#)
11. J. Cifuentes, G. Marulanda, A. Bello, J. Reneses, "Air Temperature Forecasting Using Machine Learning Techniques: A Review," *Energies*, 2020, vol. 13, no. 16. doi: 10.3390/en13164215. [↑](#)