Come le piattaforme digitali trasformano le agrotecnologie per un futuro energeticamente sostenibile

Le tecnologie ICT, nello specifico Internet of Things, Blockchain ed Intelligenza Artificiale, sono un elemento chiave nell'evoluzione dell'agrifood in relazione ai progetti di ricerca nei quali l'ENEA è impegnata. Le tecnologie informatiche sono l'abilitatore tecnologico per questa riorganizzazione dell'agroalimentare e delle agrotecnologie, senza il quale non sarebbe pensabile un cambiamento radicale. Tramite gli European Digital Innovation Hub ENEA si pone al centro dell'azione di trasferimento tecnologico sollecitata dall'Europa per promuovere la digitalizzazione avanzata delle Pmi (agricole e non) del nostro sistema Paese.

DOI 10.12910/EAI2025-049

di Fiorenzo Ambrosino, Serena D'Onofrio, Angelo Mariano, Giovanni Ponti - ENEA

La FAO nel documento "How to Feed the World in 2050" [1] **evidenzia la problematica di garantire la sicurezza alimentare globale entro il 2050, quando la popolazione avrà superato il tetto dei 9 miliardi di individui, con un aumento richiesto di più del 70% della produzione agricola ed un impatto significativo in termini di ambiente e di energia. Per rispondere a questa sfida è necessario dotarsi da subito di strumenti e di buone pratiche che ci consentano di rafforzare la sostenibilità e l'efficienza energetica delle agrotecnologie**. Anche l'European Environment Agency nel suo rapporto "The state of soils in Europe" [2] sottolinea come il settore agrifood sia profondamente energivoro al punto da richiedere delle azioni da svolgere nei vari paesi comunitari per la transizione verso la sostenibilità. Sicuramente uno dei vettori principali per questa transizione è l'innovazione digitale, che funge da abilitatore tecnologico della trasformazione e veicola sistemi più intelligenti basati sulle tecnologie ICT. **Le tecnologie ICT, nello specifico Internet of Things, Blockchain ed Intelligenza Artificiale, sono un elemento chiave nell'evoluzione dell'agrifood in relazione ai progetti di ricerca nei quali l'ENEA è impegnata**. Uno di questi è il Centro Nazionale Agritech [3], un'iniziativa PNRR che si propone di modellare i futuri sistemi agricoli e rurali per garantirne la sostenibilità e l'efficienza attraverso lo sviluppo di nuove tecnologie e metodologie per la tracciabilità, la qualità, la sicurezza, misurazioni e certificazioni per valorizzare e tutelare la tipicità nelle filiere agroalimentari (Spoke 9).

Altro progetto è **METROFOOD-IT** [4], del programma nazionale di infrastrutture di ricerca, che si propone di supportare la ricerca e l'innovazione nel settore agroalimentare fornendo servizi integrati, accelerando la digitalizzazione dei sistemi agroalimentari e la loro efficienza, la rintracciabilità e la sostenibilità.

Internet of things e agricoltura di precisione

L'uso dell'Internet of Things (IoT) nell'agricoltura richiede l'integrazione di vari dispositivi connessi, sensori e attuatori, di software e di strumenti di analisi dati all'interno delle procedure per l'agrifood per consentire lo "smart farming" o agricoltura di precisione. I sensori IoT raccolgono dati su vari aspetti della coltivazione come le condizioni ambientali, lo stato del suolo, la disponibilità di nutrienti, la salute delle piante, il benessere degli animali. Questi dati confluiscono in piattaforme digitali che possono analizzarli per ricavare pattern o produrre insight che, a loro volta, possono aiutare il coltivatore nelle scelte e nella gestione dei processi e delle risorse.

L'obiettivo finale è quello di aumentare l'efficienza, la produttività e la sostenibilità in ambito agricolo, riducendo i consumi energetici e la produzione di rifiuti. In questo contesto, ENEA, con la sua competenza in ambito analisi e gestione dati su

architetture distribuite, collabora nel Centro Nazionale Agritech all'analisi dei dati dai sensori IoT relativi al monitoraggio e all'attuazione di sistemi di fertirrigazione in alcuni campi sperimentali, con l'obiettivo di rendere più "intelligente" l'uso delle risorse idriche e nutritive.

Blockchain, tracciabilità e sostenibilità

La blockchain è un registro digitale distribuito che registra transazioni in modo sicuro e immutabile, garantendo l'integrità dei dati registrati. Ogni blocco è collegato al precedente con firme crittografiche, e un opportuno meccanismo di consenso distribuito rende impossibile modificare le informazioni registrate anche molto tempo prima. Applicando questa tecnologia alle filiere agroalimentari si può garantire la tracciabilità dei prodotti lungo i vari passaggi, rispondendo alle crescenti richieste di trasparenza dei consumatori. La trasparenza e immutabilità delle informazioni relative alle varie fasi permettono di conoscere l'origine esatta del prodotto e le varie certificazioni (biologiche, DOP, ecc), riducono il rischio di frodi rendendo più difficile contraffare le informazioni, responsabilizzano gli operatori perché ogni dato è sempre verificabile e ciò aumenta la fiducia nei consumatori che, tramite l'uso di app e QRcode, possono conoscere informazioni come data di raccolta, luogo e metodi produttivi scegliendo prodotti di qualità e sostenibili.

Con il Centro Nazionale Agritech, spoke 9, ENEA promuove la blockchain, insieme all'utilizzo di sensori IoT e Data Space opportunamente relazionati tra loro, per aumentare la fiducia e la trasparenza di tutto il processo di tracciabilità: si definiscono infatti principi di utilizzo e dimostratori su diversi casi d'uso reali relativi ad aziende italiane selezionate all'interno del progetto e appartenenti a sei diverse filiere agroalimentari come quella della carne, della pasta, dei prodotti caseari, del riso, dell'olio di oliva e dei prodotti vegetali [5]. Tra le ricadute positive di queste tecnologie sulla sostenibilità ambientale ed energetica si può citare il fatto che i consumatori preferiscono prodotti tracciabili e certificati, incentivando metodi di produzione a basso impatto ambientale, che evitino sprechi di risorse e inefficienze produttive.

IA per l'ottimizzazione e il supporto alle decisioni

Gli algoritmi di intelligenza artificiale applicati all'agricoltura permettono alle macchine di rielaborare le facoltà cognitive umane su grande scala in maniera automatica in diversi modi. Ad esempio, apprendono pattern, analizzano l'andamento dei dati, effettuano decisioni, in questo modo risolvono problemi complessi per complementare ed affiancare le pratiche agricole. Gli strumenti guidati dai dati, possono essere sfruttati in diversi campi di applicazione: analisi predittive, sistemi di monitoraggio, sistemi di gestione automatica, ottimizzazione dell'uso di risorse. Un ambito in cui viene utilizzato un approccio di questo tipo, è fornito dai sistemi di supporto alle decisioni, che consentono di ottimizzare il processo decisionale elaborando le strategie più opportune o supportando il coltivatore nelle sue attuazioni.

Tra i suddetti argomenti, **l'ENEA si occupa di collaborare all'individuazione di strategie di ottimizzazione dei consumi di risorse, sulla base dei sensori di monitoraggio sul campo agricolo nell'ambito del Centro nazionale Agritech**. Inoltre, ha contribuito alla realizzazione di un **sistema di supporto alle decisioni** basato sulle tecniche di riconoscimento delle coltivazioni agricole attraverso analisi spettroscopiche non distruttive. Questo sistema di supporto tramite machine learning permette di individuare in maniera affidabile la cultivar di alcuni particolari tipi di nocciole, ma è ampiamente replicabile come meccanismo di azione per classificare altre cultivar e riconoscere altri prodotti agroalimentari.

Piattaforme digitali integrate: il futuro delle agrotecnologie

In generale, l'adozione di un sistema digitalizzato integrato dedicato al settore dell'agroalimentare è di fondamentale importanza per promuovere una visione olistica dei dati e dei processi. Si veda ad esempio il recente articolo di Di Bitonto et al [6] che esplora il ruolo delle infrastrutture di calcolo e dell'intelligenza artificiale come supporto per una rivoluzione delle pratiche agricole: nella Fig.1 sono rappresentati i componenti digitali interconnessi e interoperabili che consentono la creazione di ecosistemi digitali per l'agricoltura.

Questi sistemi digitali integrati facilitano tutte le operazioni di monitoraggio e attuazione delle tecniche agricole con l'obiettivo finale dell'ottimizzazione dell'uso dell'energia e della riduzione dell'impronta carbonica del settore primario, con un significativo impatto sul consumo del suolo e dell'acqua. **Le tecnologie informatiche sono l'abilitatore tecnologico per questa riorganizzazione dell'agroalimentare e delle agrotecnologie, senza il quale non sarebbe pensabile questo cambiamento radicale**. Certamente questa trasformazione presenta degli ostacoli, quali ad esempio i costi di implementazione, i problemi di attivazione dei processi per le piccole e piccolissime aziende, la necessità di formazione alle tecnologie digitali per gli agricoltori e non ultimo il tema della sicurezza e della privacy

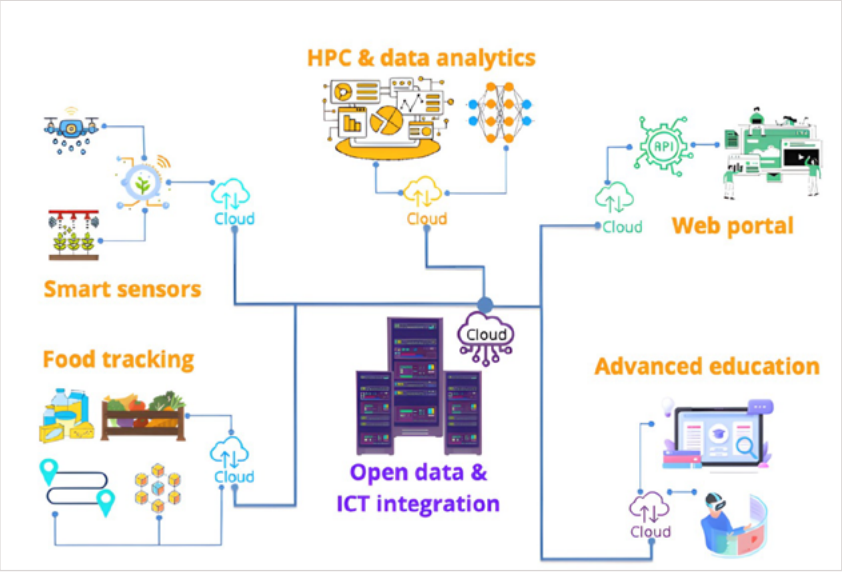

Figura 1: Sistema digitale integrato per l'agrifood

dei dati. **Tramite gli European Digital Innovation Hub, su questi aspetti ENEA si pone al centro dell'azione di trasferimento tecnologico sollecitata dall'Europa per promuovere la digitalizzazione avanzata delle piccole e medie imprese (agricole e non) del nostro sistema Paese**.

Nell'ambito del progetto METROFOOD-IT, ENEA collabora alla realizzazione di una piattaforma digitale strettamente integrata con la componente fisica fornendo servizi a supporto della digitalizzazione dei sistemi agroalimentari per il miglioramento della qualità e della sicurezza, per garantire la rintracciabilità e la trasparenza, per rafforzare la sostenibilità e la resilienza, in un'ottica di supporto all'economia circolare. In particolare, **ENEA svolge il compito di supporto per i sistemi per lo storage dei dati, per l'accesso autenticato e sicuro alle risorse, per la standardizzazione delle procedure di scambio dati, per gli algoritmi di ottimizzazione basati sull'Intelligenza Artificiale, perseguendo l'obiettivo di sviluppare soluzioni sempre più personalizzate ed intelligenti con un significativo impatto sulle filiere agroalimentari e sui modelli di business ad esse collegati**.

per info: giovanni.ponti@enea.it

Riferimenti

1. http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/expert_paper/How_to_Feed_the_World_in_2050.pdf
2. https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC137600
3. https://agritechcenter.it/
4. https://www.metrofood.it/
5. Farina G, Kocian A, Brunori G, Chessa S, Lai MB, Nardi D, Schifanella C, Bonura S, Masi N, Comella S, et al. Interoperable Traceability in Agrifood Supply Chains: Enhancing Transport Systems Through IoT Sensor Data, Blockchain, and DataSpace. Sensors. 2025; 25(11):3419. https://doi.org/10.3390/s25113419
6. Di Bitonto P, Magarelli M, Novielli P, Romano D, Diacono D, De Trizio L, et al. From data to nutrition: the impact of computing infrastructure and artificial intelligence. Explor Foods Foodomics. 2024;2:810–29. https://doi.org/10.37349/eff.2024.00063