

Agricoltura di precisione, innovazione digitale ed energia

L'innovazione digitale ha contribuito a fare evolvere l'AP verso l'agricoltura 4.0, dando la possibilità, grazie a tecnologie smart, di gestire in modo sostenibile l'intera filiera agroalimentare. Un grande apporto è dato dall'impiego dell'intelligenza artificiale (IA), cioè della tecnologia che consente, grazie ad algoritmi avanzati e alla elevata capacità di calcolo, di interpretare, processare grandi quantità di dati (Big Data) e di produrre in tempo reale le soluzioni richieste.

DOI 10.12910/EAI2025-033



di Pietro Piccarolo - Accademia dei Georgofili

L'agricoltura di precisione (AP), rappresenta un modo di gestire i processi produttivi agricoli, attraverso la razionale gestione agronomica attuata sulla base della variabilità spaziale e temporale del suolo e delle colture.

Per questo si parla di un'agricoltura "sito specifica", cioè di una forma di gestione agronomica nella quale singole aree di uno stesso appezzamento e le colture presenti, vengono trattate come specifiche unità in funzione delle loro esigenze agronomiche, culturali e sanitarie.

Questo significa intervenire con tecniche gestionali mirate in modo da potere ottenere le stesse produzioni, od anche superiori, con minor consumo di risorse.

Sviluppo dell'Agricoltura di precisione

L'applicazione dell'Agricoltura di precisione si basa su cinque pilastri, in ciascuno dei quali l'innovazione è in continuo progresso:

- mecatronica (meccanica + elettronica) montata sul trattore e sulle macchine operatrici;
- sistemi di posizionamento geografico satellitare (GPS);
- rete di sensori e telecamere sia di prossimità che da remoto, per la rilevazione di immagini e dati ambientali, agronomici, sanitari, ecc.;
- software gestionali in grado di interpretare i dati provenienti dalle diverse fonti e di elaborare mappe e modelli gestionali;
- sistemi di connettività anche intermodale con tecnologie fortemente abilitanti.

Lo sviluppo dell'innovazione in questi singoli pilastri si traduce in una evoluzione dell'AP verso quella che viene definita agricoltura 4.0. In questi passaggi si distinguono step successivi, caratterizzati da un diverso livello tecnologico e di innovazione.

Un primo step, consentito dalla mecatronica e dal sistema di posizionamento satellitare della macchina abbinato al segnale RTK, è la **guida parallela, assistita**. E' così possibile ottenere il parallelismo nei passaggi contigui della macchina ed evitare le sovrapposizioni, ottenendo un aumento della capacità di lavoro.

Step successivi riguardano **crescenti livelli di evoluzione tecnologica nell'esecuzione delle diverse operazioni**.

Un esempio è dato dalla mappatura della produzione di un appezzamento che può essere fatta, da remoto (satelliti, piattaforme aeree, droni) o

direttamente in fase di raccolta attraverso un'analisi quantitativa, con sensori che misurano il flusso di prodotto, e anche qualitativa, con sensori in grado di rilevare le principali caratteristiche merceologiche del prodotto (Vis-Nir, rifrattometri, ecc.).

L'importanza del rateo variabile

Un'applicazione importante dell'AP è il rateo variabile, cioè la erogazione di un dato input, variabile in funzione di determinati parametri in specifiche operazioni, quali la semina, l'irrigazione, la concimazione, il diserbo, il trattamento fitosanitario. Può essere eseguito con mappe di prescrizione o in real-time. Nel primo caso si utilizzano informazioni acquisite prima dell'intervento; nel real-time invece si hanno sensori che consentono di regolare i tassi di applicazione durante l'avanzamento della macchina nello stesso istante in cui i dati vengono rilevati. Nella concimazione azotata in copertura con la tecnica del rateo variabile, ad esempio, si utilizzano sensori che forniscono l'indice vegetativo della coltura (NDVI), in funzione del quale viene regolata la dose di fertilizzante. **Il rateo variabile è una tecnica sempre più utilizzata in quanto consente una riduzione degli input veramente significativa.** Dalle sperimentazioni condotte risulta che mediamente si ottiene una riduzione del 10-20% di fertilizzante, del 10% circa di semente, e sino al 50% dei diserbanti.

Un'altra applicazione significativa legata alla geolocalizzazione delle macchine è rappresentata dal **Fleet management, messo a punto da alcune case costruttrici.** Si tratta di un sistema telematico che, grazie ai protocolli di comunicazione, consente di monitorare una flotta di macchine che operano anche a distanza tra loro, acquisendo in tempo reale i dati operativi delle stesse (spostamenti,

ore di lavoro, consumi di combustibile, ecc.), in modo da potere valutare le performance delle macchine e l'efficienza delle lavorazioni.

Nell'evoluzione dell'AP un ruolo importante è ricoperto dai droni di cui, negli ultimi anni, è aumentato l'impiego non solo per il monitoraggio e l'acquisizione di informazioni (dati e immagini) ma anche per svolgere diverse operazioni. Dai droni impiegati in pieno campo nella lotta contro la piralide e da quelli utilizzati in serra per l'allontanamento di insetti nocivi, si è passati ai droni impegnati a eseguire operazioni di precisione, compreso il rateo variabile. Non per i trattamenti fitosanitari, in quanto la legislazione europea, erroneamente, li equipara ai trattamenti aerei convenzionali.

Innovazione digitale

L'innovazione digitale ha contribuito a fare evolvere l'AP verso l'agricoltura 4.0, dando la possibilità, grazie a tecnologie smart, di gestire in modo sostenibile l'intera filiera agroalimentare. Un grande apporto è dato dall'impiego dell'intelligenza artificiale (IA), cioè della tecnologia che consente, grazie ad algoritmi avanzati e alla elevata capacità di calcolo, di interpretare, processare grandi quantità di dati (Big Data) e di produrre in tempo reale le soluzioni richieste. Oggi l'IA rappresenta il più grande concept per la creazione di macchine intelligenti. **Il suo utilizzo, attuato con le tecnologie abilitanti appropriate, porta a grandi cambiamenti in diversi settori della società.** **E' uno strumento certamente utile anche per il mondo agricolo che va perseguito, ma che richiede di saperlo usare correttamente; anzitutto richiede formazione e competenze specifiche. Le tecnologie abilitanti più appropriate sono: Internet of Thing (IoT), Machine Learning (ML) e Deep Learning (DL), Digital Twin.**

L'Internet of Thing (IoT), cioè l'internet delle cose, è la tecnologia che permette di collegarsi alla rete Internet, per cui il mondo della tecnologia e dell'informazione si integra strettamente con il mondo reale. Oltre monitorare i vari processi rendendo in continuo disponibile i dati, consente, attraverso l'IA, di generare prodotti intelligenti con capacità decisionale. Nel caso delle **Machine Learning (ML),** l'IA addestra la macchina ad imparare e questa aumenta l'apprendimento con l'esperienza (apprendimento automatico), senza bisogno di essere programmata. Ne consegue che con l'apprendimento automatico si può arrivare ad imitare il comportamento e l'intelligenza umana. Le ML non sono altro che una componente dell'IA. Con queste macchine è così possibile, ad esempio, l'identificazione automatica di specie infestanti sulla base dei loro parametri di forma e colore, attuando di conseguenza il diserbo selettivo senza essere state programmate. Ancora più avanzate sono le **Deep Learning (DL),** che attuano l'apprendimento approfondito tramite reti neurali artificiali. Macchine cioè in grado di eseguire operazioni in modo simile a quelle compiute dall'uomo escludendo il coinvolgimento diretto. Il **Digital Twin,** cioè il gemello digitale, consiste nella rappresentazione virtuale di un'entità fisica reale (macchina, animale, operazione, impianto, ecc.), per cui, grazie all'IA e a tecnologie come IoT, è possibile attuare, sulla base del comportamento del gemello virtuale, valutazioni e anche analisi predictive sull'entità reale. Nel caso, ad esempio di un trattore che ha avuto un guasto durante l'impiego, essendo i dispositivi di monitoraggio inseriti nella macchina reale, i dati monitorati vengono in real time trasmessi al trattore gemello virtuale per consentirne l'interpretazione e trovare la soluzione al problema.

Essendo la trasmissione continua il guasto può essere anche prevenuto.

Robotica e difficoltà nella diffusione

L'innovazione delle macchine autonome ha portato alla costruzione dei robot agricoli. Sempre più sono i prodotti presentati dalle case costruttrici, sia per ambienti strutturati (serre, stalle) che per l'utilizzo in pieno campo, sia dallo spazio aereo (droni) che a terra (farmbot). I settori interessati sono i più diversi. Si va dalle operazioni in pieno campo di colture specializzate, all'impiego in vigneto e frutteto. Lo sviluppo avviene secondo tre direttrici: automazione di macchine esistenti; alta specializzazione per determinate operazioni; porta-attrezzi versatili. La navigazione in pieno campo è affidata ai dispositivi satellitari (GPS e RTK) a cui possono essere aggiunti dispositivi laser tipo LiDAR, scanner a onde radio, bumper (paraurti) e telecamere 3D o stereoscopiche per la visione, mentre quella in filari può anche essere assegnata a sistemi di navigazione indipendenti da quella satellitare. L'integrazione tra robotica e IA sta rivoluzionando il modo con cui i robot vengono realizzati.

A fronte di queste innovazioni, la fotografia dello stato dell'arte rivela che il parco macchine nazionale è molto obsoleto (vedi UNACOMA), mentre le tecnologie smart stentano a penetrare. Infatti, i dati dell'Osservatorio Smart AgriFood del Politecnico di Milano evidenziano che le aziende che hanno iniziato a investire in alta tecnologia sono solo il 41% del

totale. Un aiuto agli agricoltori a prendere decisioni informate viene dai **DSS**, cioè dai sistemi di supporto alle decisioni che sempre più si avvalgono delle moderne tecnologie digitali. La blockchain invece, è una tecnologia digitale che consente la tracciabilità della filiera agroalimentare a valle dell'agricoltura, non attraverso la gestione centralizzata dei dati, ma tramite la successione di blocchi di dati criptografati (nascosti) collegati tra loro e disponibili solo per gli attori della filiera. Garantisce così l'origine del prodotto evitando le contraffazioni.

L'energia

Quello dell'IA con le rispettive tecnologie abilitanti, per l'elevata capacità di calcolo, è un settore fortemente energivoro. Le stime, pur con ampio margine di incertezza, prevedono un consumo in forte crescita. Nella robotica, ma non solo, l'opzione elettrica diventa un'opzione sempre più diffusa, non solamente perché la propulsione elettrica comporta maggiore efficienza e assenza di emissioni gassose inquinanti, ma anche mezzi più compatti, leggeri e maneggevoli. Quindi una maggiore spesa di energia elettrica, a cui occorre far fronte potenziando le infrastrutture, ricorrendo a macchine in grado di autoalimentarsi, ad esempio con pannelli fotovoltaici, e realizzando soluzioni in loco basate sulle energie rinnovabili, al servizio non solo aziendale ma anche collettivo.

Già oggi la produzione nazionale di energia elettrica con fonti rinnovabili dell'agricoltura è significativa.

Il primo rapporto dell'Osservatorio sulle Agroenergie di Confagricoltura, realizzato con il sostegno dell'Enel, attesta che la **capacità installata è di ben 5 GW**, da cui deriva un contributo alla produzione di energia rinnovabile nazionale dell'ordine dell'11%. La fonte principale è il fotovoltaico con un'incidenza sul totale del 60%, mentre le bioenergie (vedi ITABIA) concorrono per il 38%. La prospettiva è per un'ulteriore significativo incremento entro il 2030. In questo orizzonte un ruolo importante può essere giocato dall'agrivoltaico (vedi Amaducci), attuato sui terreni agricoli e anche su terre e superfici non di aziende agricole.

Da un'indagine su 3536 aziende agricole riferita al 2024 nell'ambito del progetto "Agricoltura100" (Confagricoltura-Reale Mutua), risulta che il 18,6% delle imprese agricole produce energia con fonti rinnovabili, in modo autonomo o partecipando ad attività consortili di produzione energetica. Nel 46,6% di queste aziende l'autoproduzione copre almeno la metà del fabbisogno aziendale. Per quanto attiene l'utilizzo dell'energia prodotta, nel 32,2% delle aziende si ha l'autoconsumo, mentre nel 56,6% l'utilizzazione è mista (autoconsumo e vendita), senza prevalenza dell'una e dell'altra.

Per implementare la produzione di energia da fonti rinnovabili, sempre più attenzione e sostegno andrebbe rivolto alle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), per le quali il ruolo dell'agricoltura nella gestione consortile potrebbe ulteriormente crescere.