



Automazione e autonomia per un futuro sostenibile

L'agricoltura sta vivendo una rivoluzione digitale: l'integrazione di tecnologie digitali di connettività, sensoristica e automazione intelligente sta trasformando radicalmente le pratiche agricole, rendendole più efficienti e sostenibili. Queste innovazioni si inseriscono nel paradigma dell'Agricoltura 4.0, dove dati, sensori e algoritmi collaborano per ottimizzare ogni fase della produzione. Il punto di vista Walvoil

ANDREA CERVI

Uno dei componenti chiave di questa rivoluzione sono le IMU (Inertial measurement unit), sensori che combinano in un unico elemento le funzioni di accelerometro, giroscopo e magnetometro, e che si prestano a diverse applicazioni: dal monitoraggio del movimento di trattori e attrezzi, alla stabi-

lizzazione su terreni irregolari, alla raccolta dati per analisi agronomiche e affidabilistiche. Altre tecnologie che stanno facilitando il passaggio all'assistenza ed infine alla autonomia sono ovviamente l'intelligenza artificiale e il machine learning, coniugate con sensori ambientali e di prossimità, con

sistemi Gnss (Global navigation satellite system) e RTK (Real-time kinematics) per la geolocalizzazione di precisione e con Interfacce IoT (Internet of things) per la gestione remota. Arriviamo così a funzioni evolute come la distribuzione mirata e ridotta al minimo di fertilizzanti e pesticidi, al rileva-



Joystick Walvoil DJW per Isobus e sistemi di sicurezza con impugnatura MTH operatore presente capacitivo (dead man).

mento precoce di malattie tramite visione artificiale e reti neurali, alla manutenzione predittiva. Una volta risolte le problematiche di safety la strada sarà aperta anche verso macchine a guida completamente autonoma, che collaborano tra loro senza intervento umano. Contemporaneamente i gemelli digitali (Digital Twin) delle aziende agricole consentiranno un'accurata simulazione per una migliore pianificazione e la tracciabilità della filiera e dei suoi processi produttivi.

Dalla digitalizzazione alla sicurezza

I benefici sono evidenti in termini di efficienza operativa e sicurezza, con riduzione dei tempi e dei costi di lavorazione e prevenzione di incidenti grazie al monitoraggio continuo. In più, un uso mirato di risorse contribuisce alla sostenibilità ambientale e alla qualità del prodotto. Non a caso queste tecnologie sono oggetto di finanziamenti pubblici, che ne agevolano l'introduzione. Non va dimenticato però che la digitalizzazione presenta anche rischi e potenziali svantaggi; pensiamo per esempio alla complessità della manutenzione. Da un lato queste tecnologie permette-

ranno anche a operatori meno esperti di svolgere un buon lavoro in campo, ma dall'altro occorreranno tecnici altamente specializzati per manutenzioni, che prima si potevano svolgere in casa. I costi iniziali aumentano, è inutile nascondere, le macchine a controllo elettronico costano di più, e il ritorno dell'investimento va valutato con attenzione soprattutto in piccole aziende agricole. Anche la sicurezza delle persone, in un contesto di sistemi parzialmente o completamente autonomi, assume contorni nuovi, ai quali anche le normative e i requisiti di omologazione si adeguano lentamente. Per esempio nei casi di percezione e decisione basata su sensori e algoritmi, oltre alla sicurezza funzionale (functional safety) occorre valutare i rischi derivanti da un funzionamento corretto ma insufficiente del sistema (Sotif – Safety of the intended functionality). Questo senza pensare ai rischi legati direttamente alla cybersecurity che espongono a potenziali sabotaggi o blocchi delle macchine. Occorrerà adattarsi a questi cambiamenti tenendo costantemente presente la visione di una agricoltura più sostenibile, e solo le aziende che sapranno cogliere queste

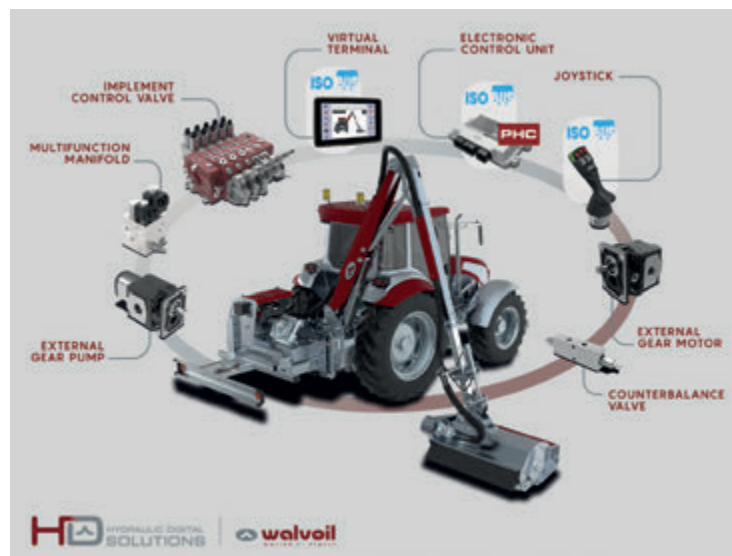
opportunità saranno protagoniste della nuova era agricola. Vediamo due esempi di applicazione ad attrezzi agricoli spesso a torto trascurati quando si parla di evoluzione delle macchine agricole: caricatori frontali e decespugliatori.

Automazione e sensori nei front loader

Nel contesto dell'agricoltura moderna, i front loader non sono più semplici attrezzi meccanici: grazie all'integrazione di piattaforme inerziali e algoritmi intelligenti, stanno diventando strumenti di precisione in grado di ottimizzare le operazioni quotidiane dell'azienda agricola. Le piattaforme inerziali offrono controllo dinamico e sicurezza permettendo di monitorare in tempo reale l'inclinazione del braccio durante il sollevamento, le accelerazioni e le vibrazioni che possono compromettere la stabilità del carico, e consentono inoltre il posizionamento preciso per operazioni di carico/scarico in ambienti complessi come terreni sconnessi o condizioni meteo avverse. Un primo vantaggio è l'efficienza operativa: gli algoritmi di automazione, integrati con i dati provenienti dai sensori inerziali, permettono la regolazione automatica della velocità e della forza di sollevamento in base al peso del carico, il riconoscimento del tipo di materiale (per esempio insilato, letame, terra) per ottimizzare la modalità di movimentazione, la riduzione dei tempi di manovra assistendo posizionamenti di precisione. La pesatura anche certificata del carico è una ricaduta utile per chi deve fatturare il proprio lavoro. Già oggi disponiamo di funzione automatiche pre-programmate come il 'return to dig' o la 'rimessa a livello', ma, in sistemi più avanzati, è possibile implementare funzioni di memoria, dove il front loader 'apprende e ricorda' le altezze e gli angoli ideali per operazioni ripetitive, come il riempimento di tramogge o il carico su rimorchi. Vantaggi accessori, ma non secondari sono una riduzione dell'usura meccanica grazie a movimenti più fluidi, associati a minori consumi energetici e ad



Hydraulic digital solutions Walvoil: componenti e sistema per Front loader agricolo.



Hydraulic digital solutions Walvoil: componenti e sistema Isobus per decespugliatori agricoli.

un minore affaticamento dell'operatore che può dedicarsi a compiti strategici.

Qualche esempio

Il joystick multifunzione permette di gestire con precisione il sollevamento, l'inclinazione e lo sgancio degli attrezzi con una sola mano. Il sistema di livellamento automatico mantiene la benna orizzontale durante il sollevamento, evitando la perdita del carico. La memoria delle posizioni permette di salvare e richiamare al volo le altezze di lavoro più frequenti (es. altezza di carico su rimorchio, altezza di scarico in tramoggia). Grazie al sistema Gnss, il front loader può operare in sincronia con mappe digitali del campo o del magazzino. Tramite il protocollo Isobus, è possibile dialogare con il terminale del trattore per ottimizzare consumi, velocità, angoli di lavoro e registrare le operazioni svolte per analisi agronomiche o logistiche. I sensori monitorano in tempo reale il peso sollevato e l'angolo del telaio per prevenire il ribaltamento e tramite avvisi visivi e acustici segnalano situazioni di pericolo, come sovraccarico o instabilità del terreno. È infine possibile passare al blocco automatico di emergenza se vengono rilevate anomalie o rischi. La manutenzione predittiva e la diagnostica remota permettono di eseguire lavori di manutenzione prima che si verifichino i

guasti e di ricevere aggiornamenti software per migliorare le prestazioni o aggiungere nuove funzioni. Compatibilità con l'agricoltura 4.0: sarà possibile interfacciarsi con droni e robot agricoli per operazioni coordinate come carico/scarico automatizzato, analisi dei dati in tempo reale integrati con piattaforme di gestione aziendale per ottimizzare logistica e produttività, e in alcuni casi sarà possibile comandare il front loader da remoto per operazioni ripetitive. Queste tecnologie non solo aumentano la produttività, ma ridisegnano il ruolo dell'operatore, che passa da esecutore manuale a supervisore strategico.

Automazione nei decespugliatori agricoli

Anche i decespugliatori agricoli stanno evolvendo da semplici strumenti meccanici a sistemi intelligenti capaci di operare in modo autonomo, preciso e sostenibile. L'adozione di piattaforme inerziali (IMU) e logiche di automazione rappresenta una svolta significativa per migliorare l'efficienza, la sicurezza e la qualità del lavoro nella manutenzione di argini, fossati e verde pubblico. Il punto di partenza è sempre avere una macchina a controllo elettronico 'drive-by-wire': joystick multi-funzione che comunica in Canbus, con la ECU che a sua volta controlla le valvole e quindi i cilindri. Un secondo ingrediente essenziale sono

componenti oleodinamici dedicati come distributori load sensing a ridotta isteresi che consentono un controllo millimetrico del braccio. Questo consente di immaginare interfacce uomo macchina (HMI, Human machine interface) dove l'operatore lavora con una mano sul volante e l'altra sul joystick senza mai abbandonarli, un po' come i piloti di aereo (Hotas Hands on throttle and stick), telecamere e sensori evitano di doversi girare continuamente in una posizione scomoda per monitorare il lavoro, sistemi Adas (Advanced driver assistance systems) aiutano nella guida del trattore. Tutto questo in attesa di arrivare ad una completa autonomia. Già oggi si possono facilmente automatizzare funzioni come l'inversione sicura del rotore con temporizzatori o la modalità flottante virtuale dove la testata si adatta automaticamente alle variazioni del terreno per un taglio uniforme anche su profili accidentati. Contemporaneamente i sensori raccolgono dati su vibrazioni, carichi e usura che vengono poi inviati ad algoritmi predittivi che segnalano quando è necessario intervenire per manutenzione, riducendo i fermi macchina e ottimizzando il magazzino ricambi.

*A. Cervi, advanced electronics engineering
Walvoil.*