

# I sistemi di guida satellitare per le macchine agricole

L'agricoltura di precisione consente di fare "la cosa giusta, al momento giusto, al posto giusto" utilizzando macchine dotate di opportuni sistemi tecnologici per le operazioni di campo, tra cui particolare importanza assumono i dispositivi di guida satellitare



di Aldo Calcante - DISAA Università di Milano

La concretizzazione del concetto di agricoltura di precisione richiede come requisito di base quello di far percorrere ai mezzi agricoli traiettorie predefinite. Per ottenere tale scopo, i conducenti devono controllare contemporaneamente sia le funzioni di lavoro delle attrezzature che la loro direzione di avanzamento. Tale incombenza richiede un elevato dispendio di energie psico-fisiche, particolarmente gravoso quando si devono distribuire input produttivi che spesso necessitano la percorrenza di traiettorie parallele ed equidistanti, al fine

by Aldo Calcante - DISAA University of Milan

Implementing the concept of precision farming involves, as a basic requirement, making agricultural equipment travel predefined trajectories. To achieve this, drivers must simultaneously control both the equipment's work functions and its direction of travel. This task requires a high expenditure of psycho-physical energy, which is particularly burdensome when distributing production inputs that often require the travel of parallel and equidistant trajectories to minimize overlapping and untreated portions of soil and/or crop. Pre-



# Satellite guidance systems for agricultural machinery

**Precision Agriculture makes it possible to do "the right thing, at the right time, in the right place" by employing machines equipped with appropriate technological systems for field operations. Of particular importance among these are satellite guidance devices**

di limitare al minimo sovrapposizioni e porzioni di terreno e/o di coltura non trattate. La precisione di guida è necessaria soprattutto nel caso dei prodotti fitosanitari, specialmente quanto le dosi irrorate sono al limite dell'efficacia o, all'opposto, della tossicità. In tali situazioni operative, la guida manuale risulta fortemente condizionata dalle situazioni ambientali al momento dell'intervento: se la visibilità non è ottimale (per nebbia e/o lavorazioni in condizioni di oscurità), la precisione con la quale vengono seguite le traiettorie peggiora sensibilmente, in quanto risulta più difficile individuare gli eventuali punti di riferimento, soprattutto se posti a distanza elevata. Quindi, per quanto abile sia l'operatore, è impossibile con la sola guida manuale evitare sovrapposizioni tra una passata e l'altra, soprattutto se si impiegano operatrici ad elevata larghezza di lavoro. Ipotizzando un soggetto esperto alla guida, nelle migliori condizioni il minimo grado di sovrapposizione è stimato intorno al 10%, con punte sino al 20-25% se si ha che fare con appezzamenti di piccole dimensioni e di forma irregolare. Ne conseguono: un aumento dei tempi di lavoro, l'incremento dei consumi di combustibile e uno spreco di prodotto distribuito, con pesanti ricadute sugli aspetti agronomici, ambientali ed economici a livello aziendale. È in questo contesto applicativo che si inseriscono con successo i sistemi di guida satellitare. Essi consentono di ottenere una maggiore precisione delle lavorazioni, un risparmio di tempo e di input (gasolio, prodotti fitosanitari, fertilizzanti, ecc.), un minore affaticamento dell'operatore e quindi un minor pericolo di incidenti, la possibilità di impiegare operatori tecnicamente preparati ma con limitata esperienza, anche per le lavorazioni più impegnative.

Ad oggi sono presenti sul mercato due diverse soluzioni, di crescente complessità tecnologica e prestazionale: la guida assistita e quella semi-automatica.

La guida assistita agisce in modo passivo, giacché consente al-

---

*... precise guidance is particularly needed with plant protection products, the more so when the doses sprayed are at the limit of efficacy or, conversely, toxicity. In such operational situations, manual guidance is strongly conditioned by the environmental situations at the time of intervention. If visibility is not optimal (due to fog and/or working in dark conditions), the accuracy with which trajectories are followed significantly worsens since it is more difficult to locate any reference points, particularly if they are placed at a great distance. Therefore, no matter how skilled the operator is, it is impossible to avoid overlaps between passes with manual guidance, especially if high-width machinery is used. Assuming an experienced person driving, at best conditions, the minimum degree of overlap is estimated to be around 10%, with peaks up to 20-25% if dealing with small and irregularly shaped plots. This results in increased work time, increased fuel consumption, and wasted distributed product, resulting in heavy impacts on agronomic, environmental, and economic aspects at the farm level. It is in this application context that satellite guidance systems successfully fit. They make it possible to achieve greater accuracy of work, savings in time and inputs (diesel, plant protection products, fertilizers, etc.), less operator fatigue and thus less risk of accidents. Moreover, there is the possibility of employing technically trained but limited experienced operators, even for the most demanding work.*

*To date, two different solutions are on the market for in-*



Interfaccia di guida assistita con barra a led (cortesia: [www.topcompositioni ng.com](http://www.topcompositioni ng.com))  
Assisted guidance interface with led bar (courtesy: [www.topcompositioni ng.com](http://www.topcompositioni ng.com))

l'operatore di correggere la traiettoria del trattore o della macchina semovente agendo manualmente sul volante, seguendo le indicazioni fornite da un'interfaccia optoelettronica e/o da un'interfaccia grafica installata su un display di bordo. Il primo sistema consiste di norma in una barra a led: mediante l'accensione sequenziale dei vari diodi, viene segnalata all'operatore la correzione necessaria per mantenere il trattore lungo la traiettoria corretta. Il funzionamento prevede che il led centrale, di colore verde, rimanga acceso quando si rispetta la traiettoria predefinita (con una minima tolleranza); qualora il veicolo deviasse da essa, si illuminerebbero i led rossi di destra o sinistra in numero proporzionale all'entità dello scarto verificatosi. L'interfaccia grafica, al contrario, mostra all'operatore una rappresentazione virtuale della macchina e della traiettoria istantanea che essa sta percorrendo, agevolando così le correzioni di rotta sia lungo le passate che nelle fasi di svolta. In ogni caso, poiché la correzione di rotta viene fatta dall'operatore, non è consigliabile impiegare ricevitori satellitari ad elevata accuratezza (i riflessi e la manualità del trattorista non sono in grado di garantire una guida a tolleranza centimetrica, qualora venga utilizzato un sistema satellitare RTK). Pertanto, per questa tipologia di guida satellitare, sono sufficienti ricevitori satellitari a singola frequenza con correzione o EGNOS, o via satellite privato ad ottenere un errore di livello decimetrico.

La guida semi-automatica richiede invece un computer di bordo collegato di norma ad un ricevitore satellitare a doppia frequenza con correzione RTK, oltre che sensori e attuatori che consentono la correzione automatica della traiettoria, limitando l'intervento dell'operatore alle svolte di fine campo. In questo caso l'interfaccia è rappresentata da un display grafico touchscreen che facilita l'interazione con il sistema. In funzione del dispositivo utilizzato, la guida semi-automatica si differenzia in sistemi che pilotano il volante e viceversa dispositivi che intervengono direttamente sul circuito idraulico della sterzo. Nel primo caso, è presente un motore elettrico ad elevata coppia che agisce o direttamente sulla corona del volante mediante un piccolo pignone, oppure è collegato al piantone dello sterzo. In entrambi i casi, il dispositivo effettua in automatico le necessarie correzioni della traiettoria, ruotando il volante in vece dell'ope-

creasing technological and performance complexity: Assisted and semi-automatic guidance.

The assisted guide acts passively, allowing the operator to correct the trajectory of the tractor or self-propelled machine by manually operating the steering wheel, following the instructions provided by an optoelectronic interface and/or a graphical interface installed on an onboard display. The first system typically consists of a led bar: The operator is instructed to correct the tractor in the correct trajectory by sequentially turning on the various diodes. Operation requires the central green LED to remain lit when the default trajectory is met (with minimal tolerance). If the vehicle deviates from it, the right or left red LEDs would illuminate in a number proportional to the amount of waste that occurred.

The graphical interface, on the other hand, shows the operator a virtual representation of the machine and the instantaneous trajectory it is going through, thus facilitating course corrections both along the passes and in the turning phases. Regardless, since the operator performs course correction, it is not advisable to employ high-accuracy satellite receivers (the reflexes and manual dexterity of the tractor driver cannot guarantee centimeter-tolerant guidance if an RTK satellite system is used). Therefore, for this type of satellite guidance, single frequency satellite receivers with correction or EGNOS, or via private satellite, are sufficient to obtain a decimetric level error.

Semi-automatic driving requires an onboard computer normally connected to a dual-frequency satellite receiver with RTK correction, as well as sensors and actuators that allow automatic trajectory correction, limiting operator intervention to end-of-field turns. In this case, the interface is a graphical touchscreen display that facilitates interaction with the system. Depending on the device used, semi-automatic steering differs into systems that drive the steering wheel and, conversely, devices that act directly on the steering's hydraulic circuit. In the first case, a high-torque electric motor works either directly on the steering wheel chainring using a small pinion or is connected to the steering column. In both cases, the device automatically makes the necessary trajectory cor-



Sistema di guida semi-automatica con attuatore al volante (cortesia: <https://agriculture.trimble.com>)  
 Semi-automatic steering system with steering wheel actuator (courtesy: <https://agriculture.trimble.com>)

ratore, il quale dovrà solo effettuare la manovra di svolta a fine passata. Trattandosi di un piccolo attuatore elettrico, tale soluzione comporta il vantaggio di poter essere spostato ed installato in pochi minuti su più trattori.

Nel secondo caso, l'attuazione è dovuta ad un'elettrovalvola proporzionale inserita sul circuito idraulico dello sterzo e pilotata dal computer di bordo. Quest'ultimo, ricevendo i dati di posizione dal ricevitore satellitare, calcola lo scostamento rispet-

tections by turning the steering wheel in place of the operator, who only has to make the turning maneuver at the end of the pass. Since it is a small electric actuator, this solution has the advantage that it can be moved and installed in a few minutes on several tractors.

In the second case, the actuation is due to a proportional solenoid valve inserted on the steering hydraulic circuit and driven by the onboard computer. The latter, receiving position



Radiocomandi per verricelli forestali



**E1 PIC**  
elcaradio.com

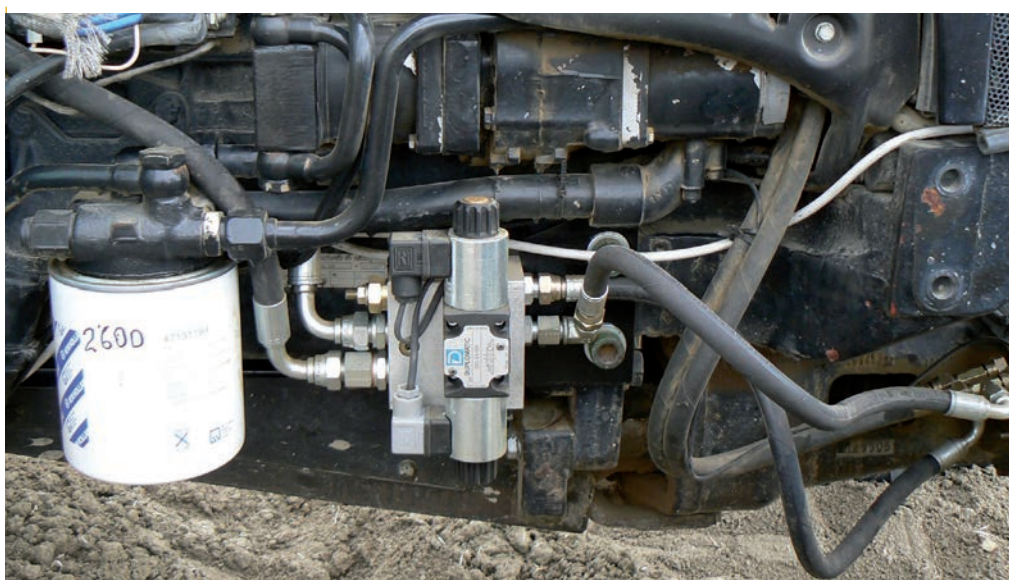


ELCA srl | via del Commercio 7/b - 36035 Mussolente (VI) - Italy - Tel. +39.0424.578500

**H26 - C56**  
Agritechnica 2023



Sistema di guida semi-automatica con attuatore collegato al piantone dello sterzo (cortesia: [www.deere.com](http://www.deere.com))  
Semi-automatic steering system with actuator connected to the steering column (courtesy: [www.deere.com](http://www.deere.com))



Sistema di guida semi-automatica con elettrovalvola proporzionale inserita sul circuito dello sterzo del trattore  
Semi-automatic driving system with proportional solenoid valve inserted on the tractor steering circuit

to alla traiettoria ideale e regola di conseguenza l'estensione del cilindro idraulico che comanda le ruote direttrici. Il risultato è una correzione di traiettoria immediata e molto efficace. Va ricordato, tuttavia, che l'inserimento di un'elettrovalvola after market sul circuito idraulico dello sterzo fa decadere l'omologazione del trattore per la circolazione su strada pubblica; quindi, per evitare sanzioni, sarà necessario o riomologare il mezzo oppure utilizzarlo solo all'interno del perimetro aziendale. Per ovviare a tale problema, sono sempre più numerose le case costruttrici di trattori che equipaggiano i nuovi modelli con un'elettrovalvola di serie. In ogni caso, entrambe le tipologie di guida semi-automatica bene si prestano per operazioni che richiedono un elevato livello di precisione, in modo da permettere al conducente di concentrarsi prevalentemente sul lavoro dell'operatrice, non avendo più l'incombenza di correggere continuamente la traiettoria di percorrenza.

Dato il più alto livello tecnologico e la necessità di ricevitori satellitari con correzione RTK, i sistemi di guida semi-automatica sono decisamente più costosi rispetto a quelli per la semplice guida assistita; tuttavia, la qualità del lavoro è nettamente superiore. Per agevolare la scelta del tipo di guida satellitare, è utile riferirsi alle varie configurazioni di ricevitori satellitari e di correzione della posizione, in funzione delle principali lavorazioni di campo. Una recente novità tecnica apparsa sul mercato permette di automatizzare anche la manovra di svolta, rendendo

data from the satellite receiver, calculates the deviation from the ideal trajectory and adjusts the extension of the hydraulic cylinder that controls the steering wheels accordingly. The result is immediate and very effective trajectory correction. It should be remembered, however, that the insertion of an after-market solenoid valve on the hydraulic steering circuit causes the tractor to lose its approval for use on public roads; therefore, to avoid penalties, it will be necessary to either re-approve the vehicle or use it only within the farm perimeter. To overcome this problem, more and more tractor manufacturers are equipping new models with a solenoid valve as standard. In any case, both types of semi-automatic driving are well suited for operations requiring a high level of precision so as to allow the driver to focus mainly on the machine's work, no longer having the burden of continuously correcting the path of travel.

Given the higher level of technology and the need for RTK-corrected satellite receivers, semi-automatic driving systems are significantly more expensive than those for simple assisted guidance; however, the quality of work is considerably higher. To facilitate the choice of the type of satellite guidance, it is useful to refer to the various configurations of satellite receivers and position correction, depending on the main field operations.

A recent technical innovation that has appeared on the mar-



**CULTIRAPID PRO 40 RA**



**COMBILAM CBL 30**



**PRECISA REALE F6**



**SICURA SSP60TRC**

# ma/ag

**MACCHINE AGRICOLE**

**MINIMA LAVORAZIONE,  
MASSIMA RESA**

specialisti da oltre quarantacinque anni  
nella costruzione di attrezzature innovative  
per la minima lavorazione e l'agricoltura  
conservativa e da oltre quindici anni  
specialisti anche nella semina

**45<sup>th</sup>**  
OVER since 1976



26011 Casalbuttano (Cremona) - ITALIA  
Via Giovanni Paolo II, 12  
Tel. +39 0374 362680 - Fax +39 0374 362280

STUDIOPI3



maagmacchineagricole

[www.ma-ag.com](http://www.ma-ag.com) - [info@ma-ag.com](mailto:info@ma-ag.com)

## Configurazione dei sistemi di guida satellitare per lo svolgimento delle principali operazioni di campo Configuration of satellite guidance systems for carrying out the main field operations

Operazione Operation	Accuratezza (cm) Accuracy (cm)	Sistema di guida Guidance System	Tipo di ricevitore Receiver type	Correzione Correction
Epicatura/Harrowing Concimazione/Fertilization Semina a spaglio/Scatter seeding	10-40	Assistita Assisted	Singola frequenza Single frequency	EGNOS o satellite privato EGNOS or private satellite
Semina di precisione/ Precision Seeding Strip tillage/Strip tillage Trapianti/Transplants Sarchiatura/Hoeing Trattamenti fitosanitari/ Phytosanitary treatments Raccolta/Harvesting	2-5	Semi-Automatica Semi-Automatic	Doppia frequenza Dual frequency	RTK



Sistema di guida semi-automatica con doppia antenna (cortesia: [www.arvatec.it](http://www.arvatec.it))  
Semi-automatic guidance system with dual antenna (courtesy: [www.arvatec.it](http://www.arvatec.it))

qualsiasi operazione ancora più precisa. In tal modo, ci si avvicina ad una guida in campo sostanzialmente automatica pur avendo sempre, anche per ragioni di sicurezza, l'operatore a bordo del mezzo, pronto ad intervenire in situazioni di emergenza. Va detto inoltre che i sistemi di guida semi-automatica non servono solo a condurre correttamente il mezzo agricolo lungo traiettorie predefinite, ma consentono di ottenere ulteriori vantaggi operativi. Ad esempio, l'utilizzo di un sistema a doppia antenna con correzione RTK permette di operare anche a bassissime velocità di lavoro (fino a soli 0,04 km/h) senza perdere in precisione di posizionamento. Tale configurazione è ideale per effettuare trapianti a basse velocità o sarchiature a media e/o alta velocità, soprattutto in condizioni di elevata pendenza. Anche la regolazione automatica delle sezioni delle macchine per la distribuzione di prodotti fitosanitari e di fertilizzanti, utile soprattutto in capezzagna o nelle chiusure dei campi, ha come cuore tecnologico un sistema di guida semi-automatica che viene integrato, ovviamente, con adeguati sensori e attuatori presenti sulle attrezzature. Infine, la guida satellitare può concorrere alla più efficiente gestione aziendale, poiché per ogni operazione è possibile memorizzare sul computer di bordo data di esecuzione, durata, percorso effettuato, superficie lavorata, traiettorie di apertura di ogni singolo appezzamento, ecc., permettendo un corretta compilazione, seppur semplificata, del sistema informativo dell'azienda.

Aldo Calcante

ket makes it possible to automate even the turning maneuver, making any operation even more precise. This brings us closer to substantially automatic field guidance while always having, also for safety reasons, the operator on board the vehicle ready to intervene in emergencies.

It should also be mentioned that semi-automatic guidance systems not only properly guide the farm machinery along predefined trajectories but also provide additional operational advantages. For example, using a dual antenna system with RTK correction allows operation even at very low working speeds (as low as 0.04 km/h) without losing positioning accuracy. This configuration is ideal for low-speed transplants or mid- and/or high-speed weeding, particularly in high-slope conditions. Automatic adjustment of plant protection and fertilizer distribution machine sections, which is especially useful at headlands or field closures, also has as its technological heart a semi-automatic guidance system that is integrated, of course, with appropriate sensors and actuators on the equipment.

Finally, satellite guidance can contribute to the most efficient farm management since, for each operation, it is possible to store on the onboard computer the date of execution, duration, route taken, area worked, opening trajectories of each plot, etc., allowing a correct, albeit simplified, compilation of the farm's information system.

Aldo Calcante