

● SISTEMI DI GUIDA ASSISTITA, SEMIAUTOMATICA O AUTONOMA

Sistemi di guida disponibili tra efficienza e automazione

di **F. Marinello, A. Pezzuolo, F. Gasparini, L. Sartori**

In ambito agricolo, la tecnologia di precisione più diffusa e con un maggiore potenziale di ritorno economico è forse quella dei sistemi di navigazione satellitare (GNSS - Global navigation satellite system). Grazie a un ricevitore GNSS (che raccoglie i segnali ricevuti da satelliti dedicati) e a un software gestionale (che elabora gli stessi segnali), è possibile conoscere con precisione istante per istante la posizione del ricevitore e dunque del veicolo su cui è installato. In aggiunta alla localizzazione di una macchina agricola (informazione «passiva»), appositi sistemi di guida ne consentono anche il posizionamento di precisione, con un utilizzo che potremmo definire «attivo» dell'informazione GNSS.

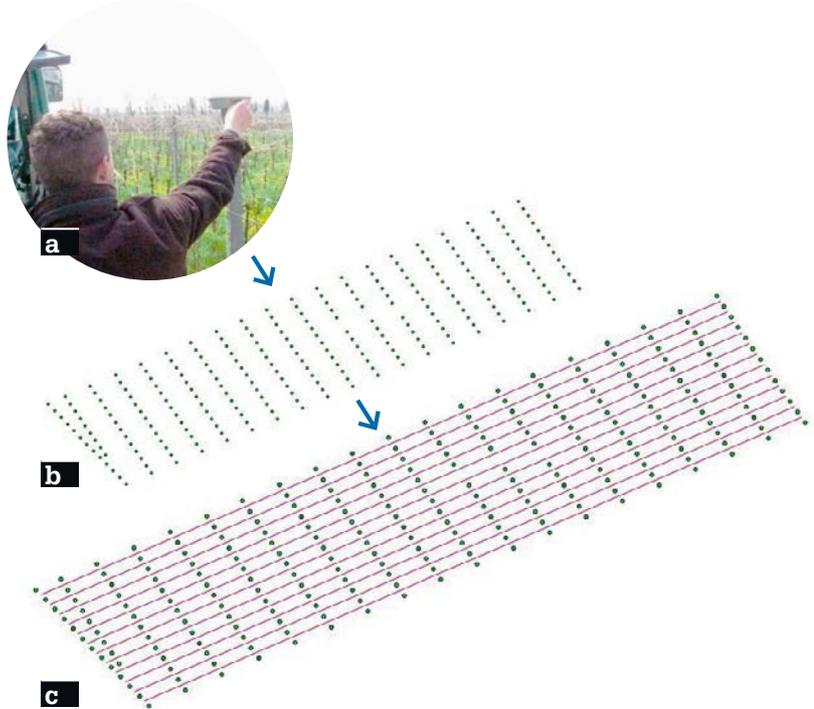
La possibilità di impiegare sistemi di guida satellitare porta numerosi benefici in varie operazioni in ambito agricolo. A titolo d'esempio, permettono all'operatore di impostare e mantenere traiettorie predefinite anche complesse, come nel caso di appezzamenti di forma irregolare o nel caso di presenza di eventuali ostacoli, e di mantenere il parallelismo tra le passate, limitando la percentuale di sovrapposizioni o di aree di terreno o di coltura non coperte.

La precisione nel posizionamento viene così mantenuta anche in quelle condizioni che tipicamente risultano essere più complesse, quali ad esempio su terreni declivi, a velocità di avanzamento relativamente alte o con attrezzature la cui dimensione o posizione risulta limitare l'accessibilità visiva per l'operatore

Livelli di automazione

Dal punto di vista operativo, un sistema di guida comprende il ricevitore GNSS collegato al computer di bordo e un'interfaccia grafica per l'operatore. Solo nei sistemi più avanzati sono poi presenti dei servomeccanismi che intervengono sul volante per la correzione della traiettoria. In commercio

La possibilità di impiegare sistemi di guida satellitare porta numerosi benefici in varie operazioni: generale minore affaticamento, riduzione del rischio di incidenti, permettendo di condurre più attrezzature combinate. In commercio si trovano tre diversi sistemi con un crescente livello di complessità tecnologica



Geolocalizzazione di precisione (± 2 cm) della posizione dei pali (a e b) e definizione delle traiettorie di percorrenza del trattore (c)

infatti possiamo trovare tre diversi sistemi con un crescente livello di complessità tecnologica e con diverso potenziale prestazionale.

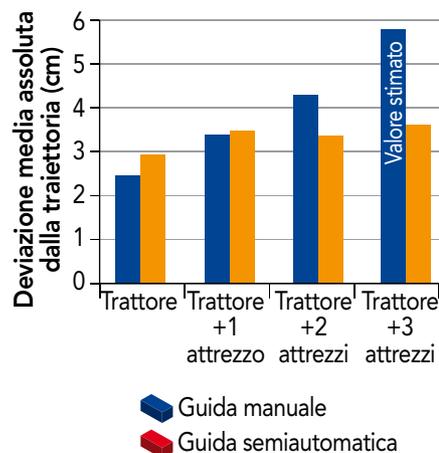
Dai livelli più basilici...

Al **livello più semplice si trovano i sistemi di guida assistita**, in cui l'operatore visualizza le informazioni relative alla posizione del mezzo e le indicazioni sulla traiettoria da seguire grazie a degli indicatori luminosi posti su una barra a led spesso integrata a un piccolo display per le impostazioni di lavoro.

Tali sistemi **consentono agevolmente**

l'esecuzione di guide parallele (condotte cioè su traiettorie parallele distanziate in modo regolare). Le nuove versioni di questi dispositivi sempre più frequentemente abbinano tali indicatori visivi con un display più grande in cui è più facile programmare percorsi complessi e seguire il tracciato in tempo reale o nel quale l'operatore visualizza graficamente le informazioni di guida, quali l'entità dello scostamento dalla traiettoria corretta, il numero della passata, ecc. rendendo più agevole il loro utilizzo e aumentando al contempo la familiarità dell'operatore con la tecnologia.

GRAFICO 1 - Deviazione della traiettoria per guida manuale o semiautomatica con macchina operatrice singola o combinata



Le deviazioni medie assolute dalla traiettoria di riferimento nel caso di guida manuale e assistita possono avere prestazioni comparabili, in particolare con trattore libero o collegato ad attrezzo singolo.

...A quelli più complessi

A un livello più avanzato si trovano i sistemi di guida semiautomatica e di guida autonoma. Si tratta in entrambi i casi di soluzioni basate su sensori e attuatori integrati nel sistema di bordo, che consentono la correzione automatica delle traiettorie. L'operatore interviene dunque solamente in una fase iniziale di definizione delle condizioni e dei percorsi di lavoro, e, nel caso del semiautomatico, per le manovre di fine campo.

Questo è reso possibile dall'integrazione di un sistema di tipo elettrico o idraulico.

Sistema di tipo elettrico. Si ha solitamente un motorino di tipo elettrico che agisce tramite un pignone aderente alla corona del volante o installato direttamente al piantone dello sterzo.

Sistema di tipo idraulico. Si tratta di un sistema più complesso e costoso, ma più preciso: la sterzata si realizza grazie all'installazione di un'elettroval-



Sistema di controllo elettrico installato sul piantone dello sterzo

SISTEMI DI SUPPORTO ALLA GUIDA

Al fine di rendere possibile il supporto alla guida è in generale necessaria l'installazione di dispositivi di tipo elettrico, elettronico, meccanico o idraulico, nonché l'utilizzo di software specifici di controllo. Tali necessità in molti casi ne hanno frenato l'adozione, soprattutto da parte di quelle aziende più restie agli aggiornamenti, tuttavia va sottolineato come questi sistemi possano portare una serie tangibile di vantaggi operativi.

Per quanto concerne le colture in campo aperto, sicuramente il supporto alla guida può portare minori sovrapposizioni (che nelle guide a vista raramente scende sotto il 10%) e in generale ottimizzazione dei passaggi in campo, con una conseguente minore compattazione del terreno e una sensibile riduzione dei tempi di lavoro e dei costi, oltre a un conseguente aumento della superficie dominabile da un singolo operatore.

Nel caso di guide su filari di frutteti e vigneti viene chiaramente meno il guadagno derivante dalle minori so-

vrapposizioni, ma resta il vantaggio legato a un migliore posizionamento degli attrezzi, che dunque possono operare in modo regolare a velocità costante e a distanza costante dalle piante.

Per quanto riguarda sia i trattamenti sia le lavorazioni sulla chio-ma, questo si traduce in una maggiore omogeneità e ripetibilità delle operazioni nell'arco della giornata o in giorni differenti, anche con attrezzi condotti da trattori o operatori differenti. Inoltre, i sistemi che supportano la guida o che la rendono del tutto autonoma, riducono la necessità di controllo e di movimento per la persona a bordo del mezzo, che dunque riesce a concentrare l'attenzione sulle attrezzature per un tempo più prolungato.

Oltre dunque a un generale minore affaticamento e a un minore rischio di incidenti, ne consegue anche la possibilità di condurre più attrezzature combinate, come descritto con maggiore dettaglio nel caso studio riportato nell'articolo. ●

vola proporzionale inserita sul circuito idraulico dello sterzo e comandata dal computer di bordo.

Entrambi i sistemi garantiscono non solo una riduzione degli errori di correzione causati dai naturali tempi di reazione dell'operatore, ma anche un'ottimizzazione delle traiettorie con anticipazione o correzione delle sterzate volte a correggere o minimizzare eventuali errori riconducibili alla forma specifica del percorso o a leggeri disallineamenti dovuti alla pendenza locale del terreno.

Mantenere la traiettoria in vigneto

Nell'ambito del vigneto, il mantenimento delle traiettorie risulta essere un problema ancora più complesso per vari motivi. In primo luogo si ha a che fare con larghezze interfilarie solo

di poco più larghe rispetto alla carreggiata del trattore. Inoltre, soprattutto per gli impianti più vecchi, i filari presentano non di rado deviazioni dalla linearità e soprattutto di frequente risultano essere non perfettamente paralleli, con errori che possono superare anche i 20 cm.

È chiaro che in queste condizioni non sono impiegabili i sistemi più semplici di guida, mentre risultano importanti sistemi di correzione e di adattamento progressivo della guida e delle lavorazioni, al fine di mantenere il trattore a distanza costante dal filare e rendere possibile una lavorazione ottimale sullo stesso.

Test sperimentali sono stati condotti recentemente presso l'Università di Padova, con l'obiettivo di verificare la precisione di posizionamento in vigneto di un trattore attrezzato con diverse macchine operatrici installate in modo singolo o combinato: trinciaerba, diserbo meccanico con lame interceppo, spollonatrice scavallante e cimatrice.

I dati sperimentali mostrano (grafico 1) come le deviazioni medie assolute dalla traiettoria di riferimento nel caso di guida manuale e assistita possono avere prestazioni comparabili in partico-

lare con trattore libero o con trattore collegato ad attrezzo singolo. In effetti, l'esperienza e l'abilità del conducente possono dimostrare una precisione di posizionamento che in alcuni casi può superare quella garantita dalla tecnologia RTK GNSS.

D'altra parte, mentre un controllo manuale è soggetto a decadimento delle prestazioni, soprattutto all'aumentare del numero di attrezzi a causa dell'aumento della fatica, della riduzione dell'attenzione e della diminuzione della visibilità, un sistema di guida assistita garantisce prestazioni più stabili, indipendentemente dall'abilità dell'operatore e dal suo stato psicofisico.

Precisione di guida

Oltre al sistema di guida, un ulteriore aspetto da considerare è il livello di precisione di geolocalizzazione. Infatti, con questi dispositivi che operano sulla base di segnali GNSS, la precisione di guida risulta essere condizionata non solo dal diverso livello di guida adottato, ma anche dal tipo di segnale e di correzione che l'antenna GNSS integrata al sistema di guida è in grado di ricevere ed elaborare.

Sulla base del tipo di correzione e del conseguente livello di precisione ottenibile, si possono distinguere in linea di massima tre categorie.

Segnali GNSS non corretti (su sistemi Gps, Glonass, Galileo). Con errore > 50 cm: la posizione è calcolata solo sulla base dei segnali dei satelliti disponibili nel momento in cui si opera in campo. Tale approccio comporta l'accumulo di un errore derivante da diverse componenti, quali ad esempio il limitato numero di satelliti disponibili in quel momento, la presenza di ostacoli (alberi, edifici o altro), ecc. La correzione del segnale è legata ad abbonamenti gratuiti senza canoni di licenza.

Sistemi di correzione differenziale (DGNS). Con errori tipicamente compresi tra i 10 e i 50 cm: prevedono l'utiliz-

zo di un ricevitore satellitare a doppia frequenza con segnale GNSS (la prima frequenza) e correzione differenziale (la seconda frequenza) derivante da satelliti geostazionari dedicati pubblici (l'Europeo Egnos) o privati. L'ampia forbice di errore è legata al tipo di satellite geostazionario al quale si fa riferimento e in base alla copertura del segnale disponibile.

Sistemi di correzione RTK (Real time kinematic). Con errori di posizionamento fino a 2 cm: il sistema si basa sull'impiego di un ricevitore a doppia frequenza con segnale di correzione differenziale definito sulla base di una stazione fissa presente a bordo campo o a breve distanza dallo stesso e

inviato tramite trasmissione radio o segnale Umts.

È evidente che, in linea teorica, diversi livelli di automazione alla guida sono associabili a diversi livelli di precisione sulla geolocalizzazione, ma da un punto di vista applicativo risulta ragionevole abbinare sistemi di correzione più precisi con livelli di automazione più avanzati (guida autonoma o semiautomatica).

Sistemi di guida senza GNSS

È importante notare che non tutti i sistemi di guida implicano necessariamente l'adozione di sistemi di navigazione satellitare. Esistono infatti solu-

zioni in cui, grazie all'impiego di sensori montati sulle macchine, si possono individuare posizioni di riferimento sulla coltura tali da permettere la guida semiautomatica dei veicoli lungo percorsi ottimali. Le tecnologie impiegate si basano su:

- sistemi a contatto (per il campo aperto), con sensori meccanici che mantengono le testate delle macchine raccogliatrici allineate con le file della coltura, agendo idraulicamente sullo sterzo;
- sensori a ultrasuoni (per guide in vigneto), con sensori acustici ad alta frequenza in grado di centrare il trattore in posizione centrale, equidistante dalle pareti vegetate rilevate;
- sensori ottici (per vigneto o per campo aperto), con scanner laser o camere 3D che individuano il bordo di filari, i solchi o le andane e guidano il trattore e la macchina operatrice, centrandoli tra le file identificate. Questi dispositivi permettono quindi di ottenere i vantaggi tipici di una guida semiautomatica, consentendo al contempo una semplificazione delle dotazioni necessarie.

**Francesco Marinello
Andrea Pezzuolo**

Franco Gasparini, Luigi Sartori
Dipartimento territorio e sistemi
agroforestali - Tesaf
Università di Padova



Antenna base per correzione RTK