

## **Applicazioni di viticoltura di precisione da piattaforma UAV in Viticolture di Precisione**

Salvatore Filippo Di Gennaro e Alessandro Matese

Istituto per la BioEconomia - Consiglio Nazionale delle Ricerche

L'evoluzione tecnologica dell'automazione ha fornito alla viticoltura di precisione una nuova soluzione per il monitoraggio remoto, definita con l'acronimo inglese UAV, Unmanned Aerial Vehicle. Sono piattaforme aeree ad ala fissa o rotante a pilotaggio remoto, che volano senza l'ausilio di un pilota a bordo, talvolta vengono chiamati "droni" dall'analogo termine inglese che significa "ronzio" per via del rumore prodotto. Possono essere pilotati a vista da un operatore per mezzo di un radiocomando, o volare in modalità completamente autonoma sfruttando un complesso sistema di sensori di controllo di volo (giroscopi, bussola magnetica, GPS, sensore di pressione e accelerometri triassiali) gestiti da un apposito microprocessore. Si possono così programmare rotte di volo impostando le coordinate di una serie di punti GPS (waypoints). Questi strumenti possono essere equipaggiati con sensori che permettono di eseguire un'ampia gamma di operazioni di monitoraggio. Risultano molto efficaci poiché assicurano una altissima risoluzione spaziale a terra (pochi centimetri) e allo stesso tempo garantiscono un monitoraggio altamente flessibile e tempestivo, grazie a ridotti tempi di pianificazione rispetto all'organizzazione richiesta da un volo aereo. Queste caratteristiche rendono questo strumento ideale per rilievi giornalieri in colture di medie e piccole superfici (1-20 ha), in particolar modo nelle aree agricole caratterizzate da un'alta frammentazione della superficie coltivata dovuta ad un'accentuata variabilità orografica.

### Trasportabilità e flessibilità di uso

Il sistema UAV multisensore è progettato per avere caratteristiche tali da consentire monitoraggio su comprensori aziendali con vigneti di medio piccole dimensioni molto frazionati, una caratteristica tipica del contesto viticolo del nostro territorio. Questo comporta la necessità di effettuare brevi voli e successivi spostamenti da un sito ad un altro. Dall'incontro di Sigma Ingegneria e Istituti del Consiglio Nazionale delle Ricerche tra cui il gruppo di Agricoltura di Precisione del CNR-IBE di Firenze è nato "Agri-Efesto", che presenta il suo punto di forza nella trasportabilità e nella flessibilità operativa (fig. 1). Esso viene trasportato in setup operativo (ready-to-fly) in una borsa progettata ad-hoc che consente la massima mobilità senza rimuovere la culla dei sensori o smontare eliche o altra parte dell'hardware, così da minimizzare i tempi tradizionali di preparazione della piattaforma al volo. In Agricoltura di Precisione è fondamentale acquisire immagini delle colture nelle medesime condizioni ambientali, infatti cambiamenti di temperatura dell'aria, angolo di incidenza e intensità della radiazione solare che si verificano nel corso della giornata anche a distanza di poche ore, alterano la risposta dei sensori e quindi la qualità prodotto finale (mappe tematiche). Il sistema è un multirottore a 6 eliche, si presenta quindi con struttura leggera e compatta, ottimizzata per svolgere al meglio questo tipo di interventi. La piattaforma è equipaggiata con culla stabilizzata che supporta contemporaneamente una camera multispettrale per la definizione di mappe di vigore basate su indice Normalized Difference Vegetation Index -NDVI), una camera termica per la produzione di mappe di stress idrico basate su indice Crop Water Stress Index-CWSI) e una camera RGB per la ricostruzione fotogrammetrica dei filari e generazione di mappe di biomassa e conteggio delle fallanze.

### Elaborazione delle immagini e generazione di mappe tematiche 2D a supporto decisionale

Entrambe le piattaforme sono equipaggiate con un sistema multisensore che consente una acquisizione contemporanea di dati termici e multispettrali ad altissima risoluzione e fornisce così un'accurata descrizione della variabilità interna al vigneto combinando informazioni sulla vigoria e sullo stress idrico (fig. 2). I sensori multispettrali sono in grado di rilevare un'alterazione di attività fotosintetica correlata allo stato nutrizionale,



Fig.1 Multirotore "Agri-Efesto", una piattaforma UAV di nuova generazione in grado di fornire altissime prestazioni e supportare l'acquisizione simultanea di più sensori.

alla salute e al vigore delle piante. Le immagini multispettrali acquisite forniscono una descrizione accurata della variabilità all'interno del vigneto, in funzione della risposta della chioma ai fenomeni di assorbimento e di riflessione della luce nelle regioni del visibile e del vicino infrarosso. La risposta spettrale della foglia in tali regioni è influenzata da diversi fattori: nel visibile dai pigmenti fotosintetici, come clorofilla a, clorofilla b e carotenoidi, nel vicino infrarosso dalla struttura cellulare e nell'infrarosso dalla presenza di acqua e sostanze biochimiche, come lignina, cellulosa, amido, proteine e azoto.

Tra i vari indici di vegetazione calcolati da immagini multispettrali, l'NDVI è il più utilizzato per stimare diversi parametri produttivi e vegetativi in agricoltura. Il telerilevamento termico ad alta risoluzione da drone consente di identificare le alterazioni termiche della superficie fogliare dovute a variazioni fisiologiche indotte da condizioni di stress idrico. L'interruzione del fenomeno di raffreddamento evapotraspirativo causato dalla chiusura degli stomi in carenza idrica, diviene così discriminabile fornendo all'agricoltore uno strumento per effettuare un intervento di irrigazione mirato in funzione delle reali necessità delle colture. L'incremento di temperatura fogliare causato da condizione di stress è il principio su cui sono stati sviluppati indici di stress idrico, come CWSI altamente correlato con parametri fisiologici come conduttanza stomatica e potenziale idrico fogliare.

L'implementazione di algoritmi di elaborazione delle immagini consente di generare automaticamente mappe georiferite e ortorettificate in grado di dare indicazioni sullo stato di salute delle colture sia in termini di vigoria che di stress termico/idrico. Le informazioni acquisite consentono di ottimizzare la gestione, fornendo un supporto decisionale per massimizzare qualità e quantità delle produzioni e al tempo stesso tutelare la sostenibilità nell'impiego oculato di input agronomici, riducendo le spese di gestione e garantendo la salvaguardia del territorio.

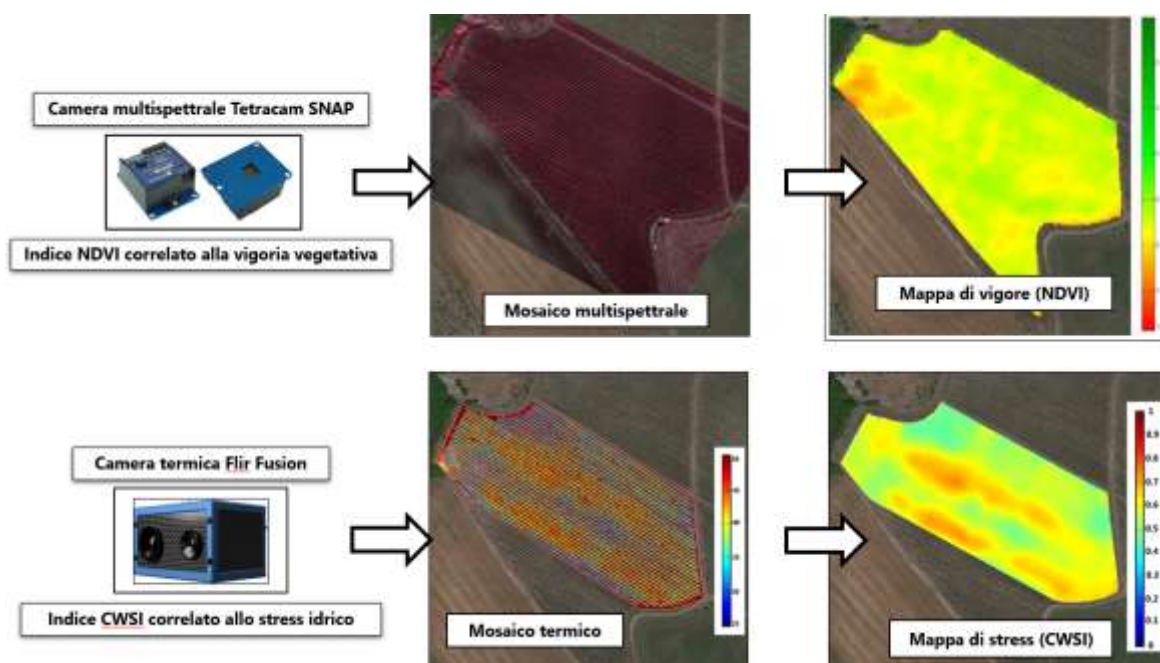


Fig. 2 Immagini multispettrali e termiche per lo sviluppo di mappe tematiche descrittive della vigoria e dello stress idrico

#### Potenzialità della ricostruzione fotogrammetrica 3D dei filari

La biomassa è uno dei parametri più importanti per analizzare la risposta fisiologica della pianta e consentire all'agronomo aziendale di individuare la migliore strategia di gestione della chioma nel rispetto della variabilità vegetativa presente in vigneto. Le tradizionali mappe di vigore descrivono l'efficienza fotosintetica della chioma, ma non forniscono informazioni sull'altezza e lo spessore dei filari. Questo limite, proprio delle mappe tematiche tradizionali, può essere superato attraverso l'utilizzo di fotogrammetria basata su ricostruzione tridimensionale 3D dei filari tramite immagini ad elevata risoluzione acquisite con alto livello di sovrapposizione. Diviene molto importante la pianificazione del volo e il settaggio delle camere, data la necessità di effettuare voli a bassa quota con transetti vicini tra loro, ridotta velocità di avanzamento, alta frequenza di scatto da parte del sensore. Inoltre disporre di un sensore equipaggiato con un proprio modulo GPS dedicato consente di ottimizzare la ricostruzione spaziale delle piante. Le immagini sono elaborate con software di fotogrammetria che integrano tecniche computer vision basate su algoritmi Structure from Motion (SfM), che consentono la riproduzione geometrica ad alta precisione dell'architettura del filare (fig. 3). I metodi automatici di analisi dati rendono accessibili in tempi rapidi all'agricoltore informazioni sito-specifiche per descrivere la variabilità in altezza e spessore della chioma in vigneto, utili per ottimizzare dosi di trattamenti fogliari. Questa elaborazione inoltre fornisce all'azienda un metodo rapido e oggettivo per quantificare e localizzare con precisione le fallanze in vigneto, evitando così la necessità di monitorare tutti i filari del comprensorio aziendale da parte di operatori a terra.

#### Perché UAV è conveniente; L'utilizzo di droni nello scenario viticolo futuro

L'uso di UAV permette di gestire i campi basando su informazioni personalizzate e raccolte e elaborate in modo integrato, elaborare le quali sarebbe estremamente complesso e difficoltoso, dato che si basano su molteplici serie di dati.

La viticoltura, così come tutta l'agricoltura, ogni stagione fronteggia il progressivo impatto dei cambiamenti climatici sull'ambiente di coltivazione in uno scenario di altissima competizione di mercato. Nella Viteicoltura di Precisione la ricerca fornisce nuove soluzioni per comprendere e monitorare rapidamente e in altissimo

dettaglio lo stato fisiologico delle piante in vigneto nel corso della stagione, il vigore vegetativo, la presenza di stress abiotici estivi.



Fig. 3 Ricostruzione fotogrammetrica dei filari per la stima del volume delle singole piante e l'individuazione delle fallanze.

La continua evoluzione tecnologica in termini di incremento delle performance e riduzione dei costi di droni e sensori, renderà questi strumenti sempre più potenti ed accessibili per rendere queste tecniche di remote sensing una routine aziendale. Negli ultimi anni è cresciuto esponenzialmente il numero di aziende di servizio nel campo dei rilievi da drone soprattutto nella realizzazione di mappe di vigore. Non deve essere comunque trascurata l'importanza di conoscenze agronomiche fondamentali per la corretta interpretazione dei dati. Il monitoraggio di stress idrici da drone è molto delicato: il corretto processo di acquisizione ed elaborazione richiede precisione e conoscenza della risposta fisiologica della pianta a stress termici e radiativi. Le potenzialità applicative di monitoraggi a bassa quota con camere RGB sono ancora poco diffuse data la complessità di elaborazione e analisi dei dati attraverso tecniche di ricostruzione fotogrammetrica dell'architettura della chioma. Tuttavia il minimo costo e il facile utilizzo delle camere RGB rendono questo approccio una soluzione altamente preformante in grado di fornire indicazioni all'agronomo aziendale per ottimizzare le dosi di trattamenti fogliari in ottica di sostenibilità ambientale, efficacia di trattamento e riduzione di costi evitando sprechi di fitofarmaci.

### Bibliografia

- Matese, A.; Di Gennaro, S. Practical Applications of a Multisensor UAV Platform Based on Multispectral, Thermal and RGB High Resolution Images in Precision Viticulture. *Agriculture* 2018, 8, 116.
- Matese, A.; Di Gennaro, S.F.; Santesteban, L.G. Methods to compare the spatial variability of UAV-based spectral and geometric information with ground autocorrelated data. A case of study for precision viticulture. *Comput. Electron. Agric.* 2019, 162, 931–940
- Santesteban, L.G.; Di Gennaro, S.F.; Herrero-Langreo, A.; Miranda, C.; Royo, J.B.; Matese, A. High-resolution UAV-based thermal imaging to estimate the instantaneous and seasonal variability of plant water status within a vineyard. *Agric. Water Manage.*, 2017, 183, 49-59.
- Cinat, P.; Di Gennaro, S.F.; Berton, A.; Matese, A. Comparison of Unsupervised Algorithms for Vineyard Canopy Segmentation from UAV Multispectral Images. *Remote Sens.* 2019, 11, 1023.