

INNOVAZIONE E PROSPETTIVE

Servizi ad alta tecnologia per la viticoltura di precisione

L'agricoltura di precisione in viticoltura è stata introdotta in Italia da MC2 circa due anni fa. A un anno dal primo resoconto sull'applicazione del telerilevamento, dei sistemi informativi geografici e del posizionamento satellitare, i servizi sono stati ampliati, ridefiniti e innovati

Alessandro Castagnoli, Paolo Dosso

A un anno di distanza dal nostro precedente articolo pubblicato su *L'Informatore Agrario* (n. 18/2001 a pag. 77) e a due da quando abbiamo introdotto in Italia le applicazioni di *precision farming* in vitivinicoltura, è possibile definire un bilancio consolidato dello stato dell'arte nell'applicazione del telerilevamento, dei sistemi informativi geografici (GIS) e del posizionamento satellitare a supporto dei produttori vitivinicoli.

Nel settore vitivinicolo, l'utilizzo dei

satelliti ad alta risoluzione è fino a oggi ancora una nostra esclusiva internazionale anche e soprattutto per la scarsa efficienza operativa di Ikonos, rimasto nel 2000-2001 inaspettatamente l'unico satellite commerciale ad alta risoluzione disponibile a causa del fallimento di alcuni lanci di ulteriori satelliti da parte dei competitori.

L'alto costo di acquisto delle immagini non si è rivelato il solo e principale dei difetti: sia la sicurezza dell'acquisizione dei dati in una determinata finestra temporale e con particolari caratteristiche, sia la loro immediata disponibilità sono, infatti, condizioni imprescindibili per realizzare un servizio di viticoltura di precisione.

La situazione sta oggi radicalmente

cambiando in quanto è ormai operativo il nuovo satellite Quickbird, con caratteristiche migliori, costi più contenuti e una gestione operativa e commerciale che pare assai più adeguata e convincente. Dalla semplice osservazione di un paio di immagini, è evidente l'eccellente definizione geometrica (61x61 cm in pancromatico, 244x244 cm in multispettrale), ma va in ogni caso sottolineata anche la maggior copertura sul terreno di ogni passaggio (16,5 km in luogo degli 11 km di Ikonos) (foto 1 e 2). L'impossibilità di utilizzare i dati satellitari, tra l'altro verificata definitivamente a stagione 2001 già molto inoltrata, ha fortemente limitato la nostra attività, ma solo per quanto riguarda la disponibilità del servizio, non certo per gli sviluppi tecnici e metodologici.

Le innovazioni del servizio: il caso Franciacorta

Con un notevole investimento abbiamo infatti acquistato sul mercato statunitense una camera aerea multispettrale digitale Adar 5500, la stessa



Foto 1 - Immagine multispettrale Ikonos (GSD: 4 m) - falso colore



Foto 2 - Immagine multispettrale pan-sharpened Quickbird (GSD: 0,61 m PAN, 2,44 m MS) - falso colore (per gentile concessione DigitalGlobe Inc. - Eurimage)

Grafico 1 - Correlazioni tra dati multispettrali e parametri quantitativi rilevati su diverse varietà

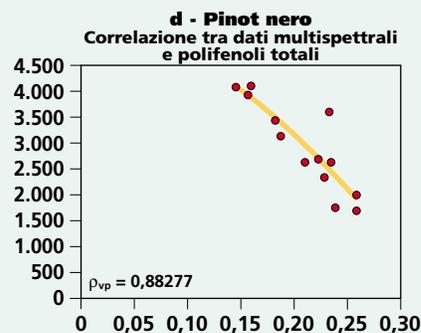
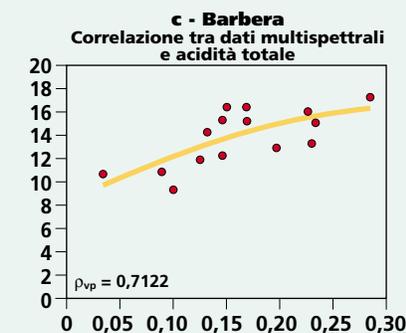
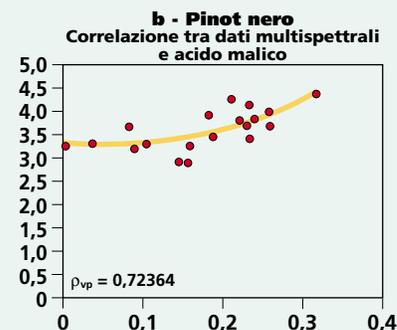
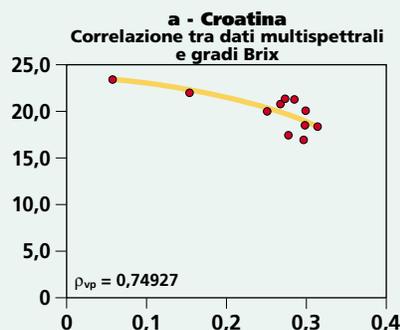




Foto 3 - Immagine multispettrale Adar 5500 (GSD: 3 m) - falso colore



Foto 4 - Immagine multispettrale Adar 5500 (GSD: 3 m) - falso colore



Foto 5 - Immagine multispettrale Adar 5500 (GSD: 1 m) - falso colore

utilizzata dalla Nasa per le attività sperimentali sulla viticoltura in California e, stabilendo accordi con società di lavoro aereo, il servizio è stato così assicurato a partire da immagini multispettrali digitali acquisite da aereo.

La camera digitale utilizza le stesse lunghezze d'onda dei sensori spaziali multispettrali e, in base alla quota di ripresa, ha una risoluzione geometrica variabile da 35x35 cm a 400x400 cm (foto 3, 4 e 5).

Non solo si è messo in opera il servizio, ma sono stati realizzati software completamente nuovi e proprietari che consentono di avere sul computer i dati per eseguire le elaborazioni entro un paio d'ore dalla ripresa. Nel caso Franciacorta, ad esempio, la ripresa aerea per l'assistenza alla vendemmia è stata effettuata il 14 agosto e le elaborazioni, completate il giorno 16, sono state rese disponibili sul sito Internet www.precision-farming.com per essere scaricate dall'area riservata ai clienti con un'apposita password individuale. Questo aspetto è la chiave operativa del telerilevamento applicato alla viticoltura e, più in generale, della viticoltura di precisione: una logistica complessa e raffinata con elevatissima automazione delle procedure, in grado di far fronte anche ai rischi meteorologici garantendo il servizio e assicurandone la tempestività.

La scelta originale di realizzare per la prima volta in campo internazionale questi servizi con dati satellitari non si è rivelata dunque sbagliata. Al contrario, quest'anno le capacità operative sono moltiplicate potendo contare in-differentemente, grazie ai software da noi sviluppati, sia sul nostro sistema aerotrasportato sia sul nuovo satellite Quickbird. Le innovazioni del servizio e gli approfondimenti messi in opera nel 2001 sono stati quindi particolarmente consistenti, grazie anche a una serie di collaborazioni con enti, università e produttori di alto profilo.

Il supporto alla vendemmia

I parametri quantitativi investigabili

L'obiettivo è stato quello di estendere a ulteriori parametri quantitativi, ol-

tre all'acidità totale, al tenore zuccherino e alla classificazione qualitativa del «vigore», la capacità descrittiva dei dati telerilevati. I grafici 1a, b, c e d illustrano l'affidabilità in termini statistici di alcune delle correlazioni descritte negli algoritmi che sono stati realizzati rispetto a gradi Brix, acido malico, acidità totale, polifenoli e pH.

Le varietà sulle quali si è lavorato sono state: Pinot nero (sia per spumantizzazione sia per vinificazione in rosso), Croatina, Barbera, Pinot bianco, Chardonnay, Riesling italiano, Riesling renano, Sauvignon.

La maggior parte delle analisi di laboratorio è stata realizzata dal Civi-FruCe di Riccagioia (Pavia) e dal Consorzio per la tutela del Franciacorta.

Metodo di campionamento

Grazie alla collaborazione con il Consorzio per la tutela del Franciacorta, è stato possibile verificare l'influenza effettiva di una larghissima quantità di fattori sulla variabilità della risposta spettrale, così da affinare e rendere maggiormente efficiente la definizione dei vigneti campione e del modello statistico. Il Consorzio possiede una mole di dati davvero consistente sia sul suolo sia sulle viti, tale da averci consentito di definire con regressioni multiple l'affidabilità di diversi parametri nell'ottimizzare il set di vigneti campione, sui quali effettuare le misure dirette in campo e in laboratorio. Dal punto di vista del servizio, l'esperienza è stata determinante nel ridurre fortemente la consistenza del campione e quindi il costo complessivo.

Curve di maturazione

Il momento in cui si effettua la ripresa e si prelevano i campioni deve essere il più possibile a ridosso della vendemmia ma, come ovvio, le diverse varietà maturano in tempi differenti e il servizio è efficiente solo se garantisce anche un tempo congruo per ottimizzare la logistica complessa che porta i grappoli da frutto a diventare mosto nelle migliori condizioni. È necessario, quindi, costruire dei modelli matematici accurati, basati su campioni prelevati giornalmente, per seguire nel detta-

glio le maturazioni nel momento tipico dell'intera annata viticola, analogamente a quanto avviene con le metodologie tradizionali di rilevazione.

In sostanza è possibile seguire la maturazione di ogni singolo vigneto e al suo interno, a partire da un numero limitato di prelievi in campo, rielaborando giornalmente il modello costruito sulla base del dato telerilevato e del primo set di campioni prelevati. Il grafico 2 mostra il confronto tra una curva di maturazione realizzata con il prelievo in campo secondo le metodiche tradizionali e quella ottenuta dall'elaborazione del modello basato sui dati telerilevati.

La definizione del campione: GPS differenziale su portante cellulare

Il telerilevamento quantitativo (che esprime dei risultati esattamente quantificati e misurabili con altre tecniche) richiede correlazioni geografiche biunivoche fra le quantità di energia registrate dal sensore e i valori misurati in campo o in laboratorio: occorre in altre parole essere assolutamente certi che la misura rilevata a terra sia relativa al pixel o ai pixel presi in esame. I sistemi di posizionamento satellitare (GPS) sono quanto di più efficiente e accurato vi sia per assicurare queste caratteristiche al rilievo.

Data la numerosità dei campioni da misurare, la loro ubicazione in aree anche vaste, la necessità di effettuare i prelievi possibilmente nello stesso giorno e nelle stesse ore, occorrerebbe utilizzare un numero considerevole di stazioni satellitari e non è quindi ragionevole pensare ad attrezzature sofisticate, ottime ma costose.

È stata perciò messa a punto, con la collaborazione di Nikon Instruments, una stazione di minimo ingombro e peso, che integra in un Pc palmare una scheda GPS, un telefono cellulare, un modem, antenne e batterie. Il Pc riceve contemporaneamente il segnale inviato dai satelliti e, tramite il modem e il telefono cellulare, il segnale di «correzione» inviato da una stazione fissa, di coordinate note. L'acquisizione delle coordinate è così agevole, la correzio-

Continua a pag. 61

Grafico 2 - Curve di maturazione tradizionali (a e b) e basate sull'utilizzo integrato di campioni e dati multispettrali (c)

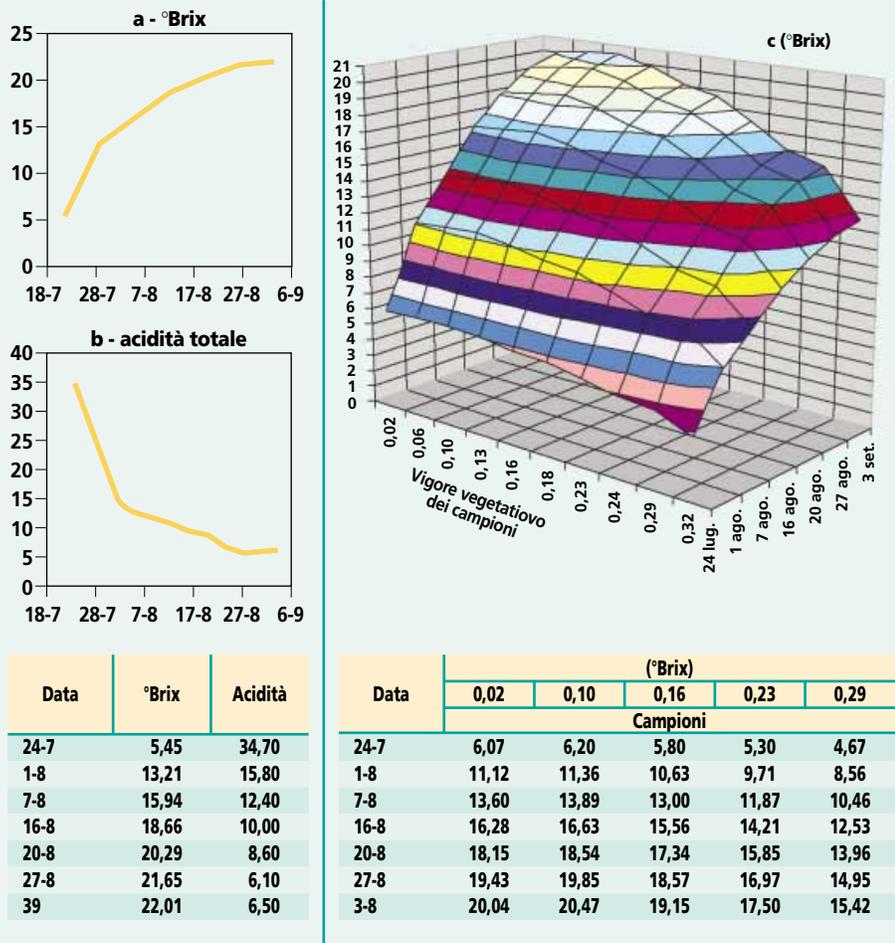
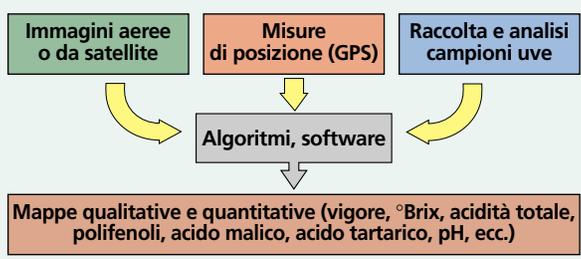


Figura - Schema riassuntivo dei passaggi necessari per definire le mappe



Segue da pag. 58

ne è in tempo reale, l'accuratezza sufficiente per l'utilizzo specifico. Questa attività può, inoltre, essere separata dall'acquisizione dei campioni.

Le viti campione, una volta identificate e georiferite con il GPS, vengono infatti segnalizzate e numerate per le successive operazioni di prelievo, e sono sicuramente rintracciabili per l'intero periodo necessario. Inoltre possono essere definiti sull'immagine nuovi pixel di riferimento e, sulla base del sesto d'impianto e della distanza fra i ceppi nel filare, forniti elementi accurati, semplici e immediati ai rilevatori in campo per far rilevare ulteriori campioni; viceversa possono essere segnalate dal rilevatore in tempo reale osservazioni effettuate in campo (vedi figura).

Ampliamento e ridefinizione dei servizi

Il nostro «cliente elettivo» era e continua a essere l'azienda vitivinicola di qualità, determinata a utilizzare in modo ottimale i propri vigneti e la propria terra per migliorare la qualità del proprio vino. Esistono però realtà importanti come i Consorzi di tutela e le aziende che vinificano tramite conferimento totale o parziale delle uve, per le quali abbiamo sviluppato nuovi modelli di servizio.

La singola azienda di alta qualità è interessata al massimo dettaglio di assistenza, con l'obiettivo di incidere sul miglioramento dei suoli, l'ottimizzazione di irrigazione, fertilizzazione e trattamenti, la differenziazione delle vendemmie anche all'interno dei singoli vigneti, e così via. Consorzi, cantine e associazioni sono invece interessati particolarmente alla realizzazione di vantaggi competitivi nel controllo della crescita e delle maturazioni, sia per assicurare qualità alla produzione, sia per migliorare la logistica e la gestione della vinificazione.

Il modello di servizio è stato perciò differenziato, con l'ovvia avvertenza che le aziende comprese all'interno delle aree per le quali si opera secondo il modello «consorzio» possono giovare di condizioni economiche particolarmente vantaggiose in quanto il costo del dato telerilevato da satellite o da aereo è senz'altro molto rilevante all'interno del costo complessivo dei servizi.

Il modello di servizio è in ogni caso sempre più orientato all'uso intensivo di Internet, delle tecnologie digitali, dei mezzi di telecomunicazione, a partire dal nostro sito Internet www.precision-farming.com

Servizio per le aziende vitivinicole

Prevede la realizzazione di un sistema di riferimento geografico dell'azienda, stabile e gestito dall'elaboratore, sul quale riferire tutti i dati rilevati e rilevabili. Il dato elaborato, totalmente digitale e scaricabile da Internet, si presenta sotto forma di mappe utilizzabili direttamente in campo (foto 6).

Il servizio prevede la collaborazione del tecnico aziendale per i dati di campagna e si inserisce senza traumi nelle tradizionali metodiche di monitoraggio del vigneto che già sono messe in opera, migliorandone l'efficienza e ampliandone le possibilità.

Le principali rilevazioni che possono essere effettuate sono basate su due distinte acquisizioni di dati: una successiva all'allegagione, l'altra successiva all'invasatura e prossima alla vendemmia. Con il primo dato si forniscono mappe del vigore vegetativo, utili a interventi colturali e alla valutazione dello stato di salute del vigneto. Più avanti si farà cenno anche alla previsione precoce della produzione. Con il secondo dato vengono fornite le mappe del «vigore» e dei parametri per i quali sono effettuati i prelievi in campo (tenore zuccherino, acidità totale, acido malico, acido tartarico, polifenoli, pH, ecc.).

Le mappe sono dinamiche, aggiornate anche giornalmente alla data dell'ultimo rilievo in campo, seguendo l'andamento delle maturazioni, per ciascun vigneto e al suo interno. Più avanti si farà cenno alla possibilità di utilizzare fra i dati elaborabili e mappabili anche quelli determinabili mediante l'analisi sensoriale.

Servizio per consorzi, cantine, aziende che utilizzano uve conferite

Prevede l'utilizzo dei dati geografici disponibili, in particolare di quelli relativi allo schedario viticolo italiano, e di dati alfanumerici organizzati relativi ai vigneti. La definizione dei vigneti campione e quindi la precisione del-

l'intero sistema sono tanto più accurate e funzionali quanto più sono significativi e accurati i dati a disposizione, in particolare per quanto riguarda la pedologia, la climatologia e le caratteristiche dei singoli vigneti.

Abbiamo comunque disponibile una nostra banca dati che ha la caratteristica di autoistruirsi nel tempo, in quanto i servizi che si realizzano forniscono essi stessi informazioni accurate, in particolare relativamente alla zonazione, come si vedrà più avanti.

Come per i servizi rivolti alle singole aziende vitivinicole, il servizio prevede la collaborazione dei tecnici e delle risorse del cliente per la raccolta dei dati di campagna e si inserisce senza traumi nelle tradizionali metodiche di monitoraggio del vigneto.

Il dato, totalmente digitale e scaricabile da Internet, si presenta sotto forma di tabulati che descrivono le stesse informazioni previste per il servizio alle aziende, sintetizzate per singolo vigneto.

Anche in questo caso si tratta di un servizio «dinamico», che segue le maturazioni anche giornalmente, alla data dell'ultimo rilievo in campo.

Nuove applicazioni e prospettive

Diversi sono i progetti in corso o allo studio, ognuno mirato a sviluppare ulteriori innovazioni e approfondimenti nei servizi offerti, ma anche a offrire soluzioni rapide ed economiche per realizzare servizi su vaste superfici, d'interesse per le amministrazioni pubbliche e centrali.

Zonazione

Le caratteristiche spettrali della singola vite o di un gruppo di viti, a parità di determinate caratteristiche dei vigneti o del vigneto, esprimono differenze riconducibili ai suoli, alla giacitura, al clima e così via.

Il telerilevamento consente inoltre di elaborare informazioni dirette sui suoli in base a parametri quali la temperatura superficiale, il contenuto in acqua, le coperture vegetali. L'utilizzo dei sistemi informativi geografici rende possibile integrare immagini telerilevate, informazioni geomorfologiche (pendenze, fasce altimetriche, esposizioni), meteorologiche, cartografiche, alfanumeriche.

È quindi possibile utilizzare il telerilevamento integrato in un sistema informativo geografico (GIS) per realizzare zonazioni viticole speditive in tempi ristretti, cui affiancare più tradizionali metodiche di rilievo che possano avvantaggiarsene nell'ambito della definizione dei confini dei terroir in termini di tempi, costi e accuratezza.

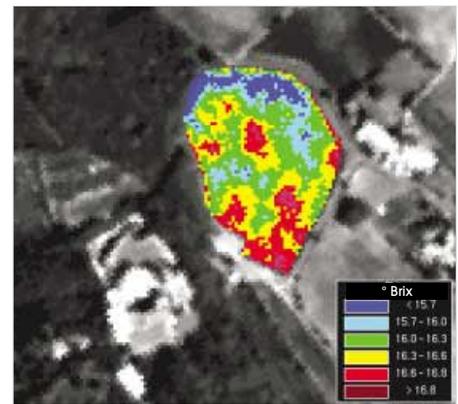
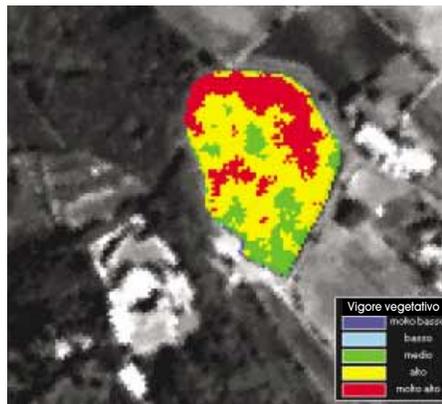


Foto 6 - Mappe per il vigore vegetativo e i °Brix scaricabili da Internet e utilizzabili direttamente in campo

Previsioni precoci di produzione

I dati telerilevati dai satelliti a media risoluzione sono disponibili con buona frequenza, ricchi di informazione spettrale, relativamente poco costosi e sicuramente ben elaborabili per vaste superfici.

Il loro limite principale per le applicazioni vitivinicole deriva dalla scarsa risoluzione geometrica, adeguata a investigare solo superfici uguali o superiori a non meno di un terzo di ettaro e che, in ogni caso, fornisce informazioni spettrali «medie» per quella superficie. D'altro canto, le metodiche basate sull'osservazione diretta in campo sono costose e costringono ad analizzare un basso numero di vigneti campione.

Il telerilevamento ad alta risoluzione è sicuramente in grado di ridurre questi costi e di ampliare di molto il numero e la significatività delle aree test, ma appare troppo costoso e impegnativo per rilevare un dato importante ma non strettamente e direttamente connesso a una sua immediata valorizzazione economica.

Integrando le tre metodiche di acquisizione dati e un sistema GIS, è realizzabile la zonazione ragionata e accurata di interi territori regionali per la definizione di vigneti campione significativi sui quali, negli anni successivi, mettere in funzione un sistema di previsione precoce (post-allegagione) delle produzioni basato su un numero limitato di rilievi in campo e sul telerilevamento ad alta risoluzione.

Analisi sensoriale

Al di là dei parametri che caratterizzano la qualità delle uve sotto il profilo della loro maturazione tecnologica (zuccheri, acidi) e fenolica (tannini, antociani), grande interesse riveste la caratterizzazione delle uve in termini di maturità aromatica, per la quale si ricorre spesso all'analisi sensoriale dell'acino. L'obiettivo ambizioso da parte nostra è quello di estendere la metodologia già testata con successo per quanto riguarda la mappatura di zuccheri, acidi e polifenoli, anche a

parametri quali-quantitativi rilevati mediante analisi sensoriale, in modo da fornire al fruitore del servizio una descrizione più completa possibile delle caratteristiche organolettiche delle uve prodotte, con il dettaglio spaziale richiesto (a livello di singolo vigneto in forma di tabulati, o addirittura con il dettaglio all'interno del singolo vigneto, fino a 2x2m, in forma di mappe tematiche).

Prospettive

Il modello di servizio integrato satellite/aereo consente una notevole flessibilità di programmazione e una larga disponibilità sul territorio nazionale e all'estero, anche grazie alla forte integrazione nel moderno sistema di telecomunicazioni e di reti informatiche.

La forte automazione delle elaborazioni e la minimizzazione del numero dei campioni, ottenuta migliorando via via la conoscenza dei vigneti e delle zone, consentiranno un notevole miglioramento dei servizi su vaste aree. Un fattore di grande importanza per estendere i vantaggi della viticoltura di precisione all'intero comparto produttivo è che i vitivinicoltori, le loro associazioni, i consorzi, gli enti locali possano disporre dei dati grafici e alfanumerici dello Schedario viticolo italiano, in modo che il patrimonio informativo realizzato grazie agli interventi pubblici effettuati nel passato torni utile alla nostra vitivinicoltura per renderla più efficiente, competitiva e di pregio.

Per l'azienda vitivinicola «di precisione» si prospetta una forte crescita dell'offerta nell'automazione applicata alla meccanica agricola e, nel nostro settore specifico, la realizzazione di sistemi individuali e continui di monitoraggio, sia destinati al controllo dell'azienda nel suo complesso che integrati nelle macchine operatrici.

Alessandro Castagnoli
Paolo Dosso

MC2 srl

E-mail: a.castagnoli@precision-farming.com

E-mail: p.dosso@precision-farming.com