

IL PROGETTO CITIMAP

A cura di DANTE TASSI, Azienda Sperimentale "Vittorio Tadini"

Foto: Iamburini

Un centro per sviluppare l'agricoltura di precisione

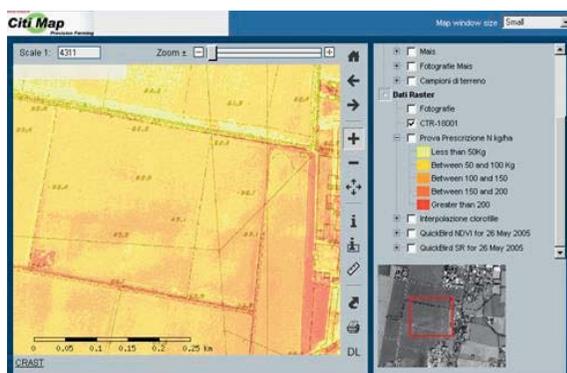
L'agricoltura di precisione, già praticata nelle aree agricole più avanzate del mondo, sta incontrando un interesse sempre maggiore anche nel nostro Paese, in particolare per i sistemi agricoli ad alto livello di specializzazione come quelli presenti nella Pianura Padana. Il significato principale delle tecniche di *precision farming* è quello di acquisire informazioni sulla variabilità

esistente in una determinata situazione culturale e applicarle alle tecniche di lavorazione del terreno, di distribuzione dei fertilizzanti e di somministrazione dell'acqua irrigua o altro ancora, in modo mirato e variabile all'interno dei singoli appezzamenti (*Variable Rate Technology*).

L'applicazione su larga scala delle tecniche VRT richiede la disponibilità di informazioni georefe-

LUIGI STEFANINI
Azienda Sperimentale
"Vittorio Tadini",
Gariga di Podenzano (PC)

Fig. 1 - Esempio di interfaccia del prototipo di server web Citimap.



renziate (mappe) a costi accessibili e continuamente aggiornate, che solo con il telerilevamento è possibile ottenere. Questa tecnica consiste in un sistema per l'acquisizione di immagini mediante sensori multispettrali in grado di rilevare la riflessione della luce solare da parte delle superfici per diversi intervalli di lunghezza d'onda. Si ottengono così, per ciascuna delle aree studiate, una serie di foto, corrispondenti a diverse bande dell'infrarosso, del visibile e dell'ultravioletto.

Le immagini digitali raccolte ed elaborate consentono di caratterizzare la vegetazione per gli aspetti agronomici, stato nutrizionale e stress idrico e costituiscono la base documentale per l'elaborazione di mappe di fabbisogno irriguo e nutrizionale nelle condizioni colturali e pedoclimatiche locali. Le mappe di fabbisogno delle colture così ottenute e continuamente aggiornate sono trasmesse alle macchine operatrici dotate - per così dire - di "intelligenza geografica", perché sono in grado, avvalendosi di appositi strumenti informatici applicati alle stesse, di concimare, irrigare e diserbare in modo mirato e variabile all'interno

dei singoli appezzamenti, con significativi risultati economici e ambientali. L'anello debole del sistema è rappresentato dalle difficoltà di acquisire e disporre di dati aggiornati ed elaborati, ma anche dalla scarsa diffusione di attrezzature meccaniche dotate di intelligenza geografica che permetta di variare le operazioni colturali e la distribuzione degli *input* in base alle reali esigenze della coltura.

LA COLLABORAZIONE TRA ENTI DI RICERCA ED IMPRESE

Per affrontare tali problematiche, mettere a punto e validare la funzionalità operativa e l'efficacia del sistema sopradescritto, dalla collaborazione tra enti di ricerca e sperimentazione ed imprese del settore meccanico per l'agricoltura è nato il centro Citimap. Obiettivo della struttura fin dalla sua costituzione, avvenuta nel 2005, è stato infatti quello di sviluppare l'impiego del telerilevamento come base informativa per le macchine agricole in tecnologia VRT di distribuzione degli *input* (fertilizzanti azotati ed acqua irrigua in particolare).

Il centro aderisce alla "Rete Alta Tecnologia" della Regione Emilia-Romagna, attivata grazie al Programma regionale per la ricerca industriale, l'innovazione e il trasferimento tecnologico (Priiitt), formata da 57 strutture dedicate alla ricerca industriale, all'innovazione e al trasferimento tecnologico e che, con il coordinamento e il supporto organizzativo di Aster, si pone l'obiettivo di costruire una offerta qualificata di ricerca industriale in Emilia-Romagna. Durante la prima fase di sviluppo del progetto Citimap (biennio 2005 - 2007) sono stati acquisiti risultati incoraggianti sul fronte delle tecniche validate, delle soluzioni tecnologiche e della formazione, così come delle iniziative divulgative.

Con la pubblicazione del nuovo bando Priiitt e l'avvio dal mese di ottobre 2008 del nuovo progetto approvato in tale ambito, Citimap si propone di sviluppare il lavoro avviato, ma soprattutto intende darsi l'organizzazione e dotarsi degli strumenti necessari per svolgere il ruolo di centro servizi per la fornitura di dati in forma prontamente utilizzabile ad una utenza diversificata costituita da aziende agricole, contoterzisti, imprese meccaniche interessate allo sviluppo di nuovi prototipi di macchine intelligenti, con riferimento privilegiato alla realtà emiliano-romagnola.

IL RUOLO DELLA NUOVA STRUTTURA

Il ruolo della nuova struttura sarà pertanto orientato all'acquisizione ed elaborazione di immagini satellitari, con fornitura agli utenti di mappe indi-

I PARTNER DEL CENTRO

RETE ALTA TECNOLOGIA DELL'EMILIA-ROMAGNA

Il centro Citimap, cofinanziato dalla Regione Emilia-Romagna, ha sede

presso l'Azienda Tadini e nel primo biennio di attività ha operato attraverso un partenariato costituito dalla stessa **Azienda Sperimentale "V. Tadini"**, in veste di capofila (referenti Luigi Stefanini, Dante Tassi e Alberto Cavalli), **Crast** (Centro ricerche analisi spaziali e telerilevamento) dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza (Ermes Frazzi e Massimo Vincini), **Crpv** di Cesena (Alvaro Crociani), **Centro di Formazione "V. Tadini" srl** di Podenzano (Elena Gherardi) e alcune imprese emiliano-romagnole del settore della meccanica per l'agricoltura: **Casella Macchine Agricole srl** di Carpaneto Piacentino (Giancarlo Bertuzzi), **Bargam spa** di Imola - BO (Ottavio Barigelli), **Net-Agree** (Alvaro Crociani), **CAV sas** di Pianello Valtidone - PC (Giancarlo Spezia) **H&S Qualità nel Software** di Piacenza (Giovanni Rapacioli). ■

ce per la stima dello *status* di nutrizione azotata e stress idrico delle colture. Inoltre sarà posta particolare attenzione a due aspetti fondamentali per l'agricoltura regionale:

- la **razionalizzazione dell'irrigazione** per rendere massima l'efficienza irrigua e quindi risparmiare acqua, migliorare la qualità dei prodotti e contenere i costi dell'impresa agricola;
- la **concimazione azotata** alla base del problema nitrati e che interessa in particolare le tecniche di utilizzazione degli effluenti zootecnici.

L'obiettivo di medio periodo è quello di dare vita ad un consorzio che gestirà il centro servizi e che avrà sede nei locali già disponibili presso l'Azienda sperimentale "V. Tadini". Il consorzio sarà strutturato con proprio personale al fine di assicurare l'operatività e l'autonomia della struttura sul piano tecnico e commerciale. Per motivi di maggiore snellezza ed efficienza operativa, il raggruppamento che costituirà il futuro Citimap si limiterà a cinque partner: Azienda Tadini (capofila), Crast, Crpv, Net-Agree e Casella Macchine Agricole. Anche questa volta sono diverse le associazioni agricole e realtà industriali della meccanica per l'agricoltura che hanno dato sostegno e manifestato interesse per l'iniziativa. Tra le prime Unacoma (Unione dei costruttori di macchine agricole) e Unima (Unione delle imprese agromeccaniche); quest'ultima rappresenta una realtà di grande interesse per Citimap e per i servizi che il centro intende produrre e fornire al mondo agricolo, in quanto tra gli utilizzatori dei medesimi, i contoterzisti assumono una posizione di rilievo.

Hanno inoltre aderito alla proposta di Citimap diverse imprese meccaniche, quali New Holland

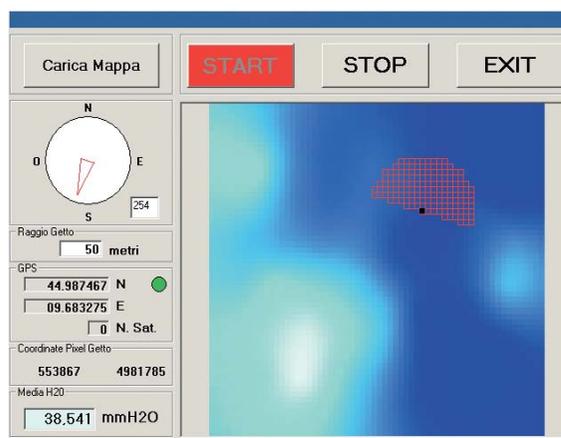


Fig. 2 - Mappa di prescrizione e posizione del getto intelligente all'interno del campo.

(Arch. Casella Macchine Agricole)

di Modena, Agco di Parma, la Same-Deutz Fahr di Treviglio (BG), la John Deere Italiana di Milano, Leica Geosystems Spa, società che opera nel settore dei Gps, e la stessa Bargam di Imola che, pur non partecipando al partenariato, continuerà ad avere rapporti e collaborazioni con Citimap. A queste si aggiungono l'Associazione Distretto del Pomodoro con sede a Parma, alla quale partecipano le istituzioni, le associazioni dei produttori e dei trasformatori delle province di Piacenza, Parma e Cremona.

Infine, l'appoggio fornito dalle istituzioni locali della provincia di Piacenza, dove ha sede Citimap, (Provincia, Camera di Commercio, Associazione industriali, Associazioni degli agricoltori) assume un particolare significato di condivisione e apprezzamento del lavoro svolto dal centro e di garanzia rispetto al lavoro futuro, che, oltre alla filiera della meccanica agricola e delle produzioni agrarie, potrebbe in futuro ampliarsi anche a problematiche di natura territoriale e ambientale. ■

Le prime applicazioni del telerilevamento

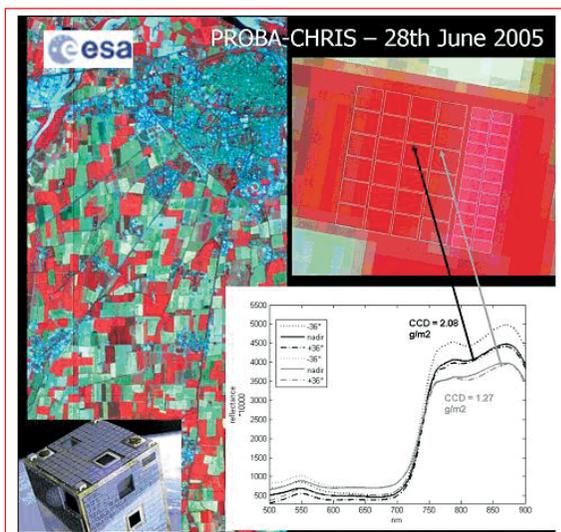
Presso l'Azienda Tadini è stato realizzato un piano triennale 2005-2007 di applicazione del telerilevamento all'agricoltura di precisione mediante uno specifico programma di acquisizioni di immagini della superficie aziendale e di raccolta dei parametri agronomici e biofisici delle colture. Il piano sperimentale ed il pro-

gramma di acquisizioni di dati telerilevati sono stati definiti ai fini della determinazione del fabbisogno di concimazione ed irriguo su colture a rilevante importanza in Emilia-Romagna come bietola, mais e pomodoro.

In particolare l'attività sperimentale si è posta l'obiettivo di verificare, nelle condizioni che si riscon-

**ERMES FRAZZI
MASSIMO VINCINI**
CRAS - Centro Ricerche
Analisi Spaziale
e Telerilevamento,
Università Cattolica
del Sacro Cuore
di Piacenza

Fig. 1 - Acquisizioni e firme spettrali di colture sperimentali di mais presso l'Azienda Tadini del sensore sperimentale CHRIS (Compact High Resolution Imaging Spectrometer) dell'Agenzia spaziale europea.



trano in Emilia-Romagna, il grado di accuratezza con cui è possibile determinare tali fabbisogni mediante la tecnologia corrente, di cui esiste già un'offerta commerciale consolidata ed innovativa (con sensori iperspettrali, che raccolgono un numero molto elevato di immagini a diverse lunghezze d'onda, campionando con continuità lo spettro elettromagnetico nel visibile e nell'infrarosso vicino aereotrasportati e satelliti sperimentali).

Nel quadro delle attività Citimap è stato svolto un nutrito programma poliennale di acquisizione ed elaborazione di dati telerilevati riguardanti le colture sperimentali dell'Azienda Tadini a cura del Centro di ricerca analisi spaziale e telerilevamento (Crast) dell'Università Cattolica del Sacro Cuore di Piacenza. Durante l'attività sperimentale del centro, la Tadini è diventata con Citimap sito di acquisizione dell'innovativo sensore sperimentale CHRIS (*Compact High Resolution Imaging Spectrometer*) a bordo della piattaforma Proba dell'Esa, l'Agenzia spaziale europea (figura 1).

IL FABBISOGNO DI AZOTO DELLE COLTURE

Grazie all'attività sperimentale è stato sviluppato un nuovo indice di vegetazione il *Chlorophyll Vegetation Index* (CVI), sensibile alla concentrazione di clorofilla fogliare e finalizzato alla stima del fabbisogno azotato delle colture. Tale indice, al contrario dei precedenti, può essere ottenuto da dati *broad-band* multi-spettrali, vale a dire dalla maggior parte dei satelliti commercialmente disponibili.

Dal punto di vista tecnico-economico tale differenza è sostanziale, poichè mentre il costo relativamente modesto dei dati multi-spettrali acqui-

siti da sensori satellitari ed una disponibilità commerciale ormai elevata li rendono perfettamente compatibili con l'ottenimento di mappe di prescrizione azotata a rateo variabile di colture erbacee, i dati iper-spettrali ad alta risoluzione spaziale utilizzabili per le applicazioni nell'agricoltura di precisione, solo recentemente estesi alla piattaforma satellitare con Hyperion della Nasa e CHRIS/Proba dell'Esa, non sono caratterizzati, nel caso di piattaforma satellitare, da una disponibilità commerciale adeguata e, nel caso di sensori aereotrasportati, da un costo allo stato attuale compatibile.

In particolare è promettente dal punto di vista tecnico la prospettiva di ottimizzare la dose azotata mediante una dose presemina indifferenziata per l'intero appezzamento, tarata poi ai fabbisogni delle singole posizioni all'interno dell'appezzamento mediante una dose variabile in copertura (VRT, *Variable Rate Technology*) determinata sulla base di indici di vegetazione ottenuti da immagini multi-spettrali acquisite tempestivamente per stadi fenologici precoci delle colture.

LE PROVE DI IRRIGAZIONE

Per quanto riguarda la stima del fabbisogno irriguo si sono ottenute indicazioni sperimentali a supporto dell'ipotesi di sviluppo di un servizio di fornitura di immagini multitemporali di stress idrico per la produzione di mappe di prescrizione per l'irrigazione a rateo variabile (VRT).

Ai fini delle prove di irrigazione per aspersione a rateo variabile, svolte presso la Tadini mediante irrigatori per aspersione a tecnologia VRT sviluppati dell'azienda Casella, le mappe di prescrizione irrigua sono state prodotte a partire dall'elaborazione di indici di stress idrico ottenuti da immagini multispettrali SPOT ad alta risoluzione comprendenti bande nell'infrarosso medio (SWIR, *Short Wave InfraRed*).

Secondo l'approccio più diffuso a livello sperimentale, lo stato di stress idrico della coltura viene caratterizzato mediante dati telerivati nell'infrarosso medio o, con risoluzione spaziale non sempre adeguata ai fini qui considerati, nel termico (TIR, *Thermal InfraRed*). Mediante tecniche di *proximal sensing* con sensori al suolo o di *remote sensing* con sensori su piattaforma aerea o satellitare, la mappa di prescrizione della dose irrigua a rateo variabile può essere prodotta a partire da acquisizioni multi-spettrali della coltura di cui si vuole ottenere la dose variabile per il successivo turno irriguo, necessitando in questo caso di un grado di tempestività nella fornitura del dato tele-



Foto Arch. Crast

rilevato non ancora disponibile a livello applicativo; oppure le mappe multi-temporali di stress idrico ottenuti per la stessa coltura o anche per altre colture nel corso degli anni precedenti possono essere utilizzate per ottenere mappature di “fabbisogno” diversificato nelle diverse zone dei singoli appezzamenti, presumibilmente dovute a variazioni tessiturali, da usarsi nella stagione colturale in corso.

I turni di irrigazione delle colture sperimentali sono stati stabiliti sulle aree a minor riserva idrica stimata che naturalmente, a parità di restituzioni giornaliere, raggiungono la condizione critiche della riserva idrica utilizzabile più velocemente, mentre i volumi irrigui sono calcolati in

funzione della diversa capacità stimata di riempimento della riserva idrica utile. In questo modo i volumi maggiori possono essere di volta in volta attribuiti alle posizioni a più alta riserva idrica stimata o a quelle a più bassa in funzione del grado stimato di riempimento della riserva stessa e delle capacità di ritenzione dell’acqua delle diverse posizioni.

La prescrizione irrigua a rateo variabile calcolata tende, in definitiva, ad assicurare alla vegetazione condizioni sempre favorevoli di tensione dell’acqua nel terreno mediante volumi irrigui che in nessuna posizione eccedano la capacità di immagazzinamento stimata (tesaurizzazione della risorsa idrica ed ottimizzazione del suo utilizzo). ■

Foto 1 - Rotolone gestito da computer dotato di sistema GPS in azione su pomodoro da industria.

Le potenzialità di utilizzo delle immagini satellitari

NICOLA ZAGHINI
Net-Agree, Cesena
ANNA VARANI
Crpv, Cesena

Le immagini satellitari ottenibili tramite tecniche di telerilevamento rappresentano una fonte di informazione potenzialmente in grado di innovare fortemente il modo di gestire le attività in campo agricolo ed agroenergetico. Esse rappresentano un “punto di osservazione” del territorio molto utile, nell’ambito del quale è necessario approfondire, finalizzare e “tradurre” le informazioni in esse contenute, al fine di garantire un maggior sfruttamento dei dati acquisiti. Il percorso, anche in conseguenza degli areali produttivi che nel nostro Paese sono estremamente frammentati ed eterogenei, è ancora lungo e necessita di ricerche puntuali e molto finalizzate.

variabile (VRT) per il trattamento sito-specifico di ogni zona (di dimensione variabile in funzione della qualità dell’informazione e del mezzo agricolo) dell’appezzamento.

La possibilità di impiego del telerilevamento non si limita all’agricoltura di precisione in quanto tale, ma permette di rilevare altre tipologie di informazione, per arrivare alla possibilità di caratterizzare gli appezzamenti produttivi, le superfici occupate, lo stato sanitario nonché le fasi fenologiche e gli eventuali danni da avversità non biologiche. Ad esempio, in viticoltura esistono applicazioni in cui il telerilevamento viene usato per mappare i vigneti, distinguendo al loro interno le diverse varietà, e per mappare i livelli di vigore vegetativo delle viti.

Per quanto riguarda il campo **agroenergetico** il telerilevamento è potenzialmente in grado di definire quali zone agricole e forestali siano maggiormente candidabili, per tipologia e disponibilità di vegetazione, ad essere bacini o distretti per l’approvvigionamento di biomassa.

Fig. 1 - Schema di sviluppo di informazioni rilevate e trasformate in dati utilizzabili a livello aziendale e territoriale.



TELERILEVAMENTO E AGRICOLTURA

In ambito agricolo il *remote sensing* abilita una strategia di gestione che va sotto il nome di “agricoltura di precisione”, ovvero la gestione sito-specifica delle colture. Questa tecnica ha bisogno di informazioni accurate e tempestive sulla variabilità ambientale interna all’unità colturale. I dati raccolti vengono utilizzati per costruire mappe della variabilità intra-appezzamento, variabilità che riguarda un’ampia gamma di parametri: topografici, pedologici, microclimatici, idrici, biologici, colturali, ecc. Tramite questi dati è possibile costruire delle mappe di prescrizione direttamente interpretabili dai mezzi agricoli che supportano la tecnologia di distribuzione a rateo

I SISTEMI GIS

Le informazioni che l’attività di *remote sensing* mette a disposizione rappresentano l’input naturale per i sistemi GIS (figura 1). Un GIS è un sistema informativo computerizzato che permette l’acquisizione, la registrazione, l’analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (georeferenziati). Tramite il sistema GIS è possibile associare ad una coordinata spaziale un insieme di informazioni di qualsiasi natura ed applicare su queste, che possono essere raggruppate in *layer* omogenei, dei modelli di computazione in grado di realizzare mappe funzionali direttamente utilizzabili.

Il risultato tangibile di una elaborazione GIS è normalmente rappresentato da una mappa, ma il valore del risultato risiede non tanto nell’elaborazione grafica finale, quanto piuttosto nel modello generato dal tecnico GIS, modello che è in grado, manipolando un’immagine georiferita, di generare la mappa stessa.

La naturale evoluzione del processo di acquisizione ed elaborazione dell’informazione spaziale

le non può fermarsi ad un insieme di mappe, se vuole risultare veramente utile alle aziende agricole, anche a quelle che non dispongono di mezzi agromeccanici equipaggiati con sistemi satellitari per l'agricoltura di precisione. È necessaria quindi un'integrazione contestualizzata dell'informazione che proviene dal satellite con quella direttamente rilevabile sul campo, al fine di avere informazioni sempre più precise sul territorio e sulle colture.

LE APPLICAZIONI IN AZIENDA: IL SOFTWARE GIAS-GIS

Queste informazioni risulterebbero fondamentali per gli attuali sistemi di gestione delle attività di campagna che, oltre a registrare tutte le attività colturali, incorporano algoritmi previsionali e di consiglio. Il software GIAS-GIS rap-

informazione raccolta): questo ha portato finora a risultati apprezzabili che, attraverso l'utilizzo congiunto delle informazioni satellitari e delle rilevazioni di campo, potrebbero arrivare ad un maggior grado di attendibilità.

Il costo delle attività di rilevamento a terra dello stato delle colture non è trascurabile, per cui ogni forma di acquisizione di informazione remota e su ampia scala risulta di chiaro interesse al fine di contenere i costi. Parallelamente, la tematica dell'analisi del dato è potenzialmente in grado di aprire nuove frontiere nella comprensione dei legami esistenti tra stato delle colture, *input* nutritivi somministrati e strategie di difesa adottate: le tecniche di *data mining* sono in grado di generare conoscenza non banale, analizzando in maniera automatica il contenuto delle banche dati aziendali.

COSA RIMANE DA FARE

Vanno approfondite le conoscenze relative al pieno sfruttamento delle informazioni contenute nelle immagini satellitari, attraverso l'affinamento delle procedure di classificazione della copertura del suolo, che rimane certamente un punto critico per l'uso del telerilevamento. Infatti, mentre da un lato migliora rapidamente la qualità spettrale, spaziale, radiometrica e temporale di una crescente quantità di dati ottici telerilevati, dall'altro non corrisponde un adeguato affinamento delle capacità analitiche delle procedure assistite di classificazione dell'uso e della copertura del suolo. Questa condizione vale soprattutto per i sistemi agricoli intensivi e molto frazionati, come ad esempio quelli che caratterizzano la produzione

emiliano-romagnola, ai quali corrispondono immagini articolate e complesse.

Dal nostro punto di osservazione, si evince che gli ambiti operativi sono piuttosto delineati; quello che manca per un loro possibile sviluppo sono la piena consapevolezza e, soprattutto, le risorse economiche per finalizzare al meglio le attività di ricerca necessarie. In senso generale, come avviene con l'introduzione di qualsiasi nuova tecnologia, si è assistito ad un grosso interesse iniziale che in questa fase si è andato leggermente affievolendo, in attesa di riproporsi con nuovo slancio, soprattutto se sarà accompagnato da sistemi in grado di gestire la grossa mole di dati che i sistemi satellitari e geografici sono in grado di raccogliere ed organizzare. ■

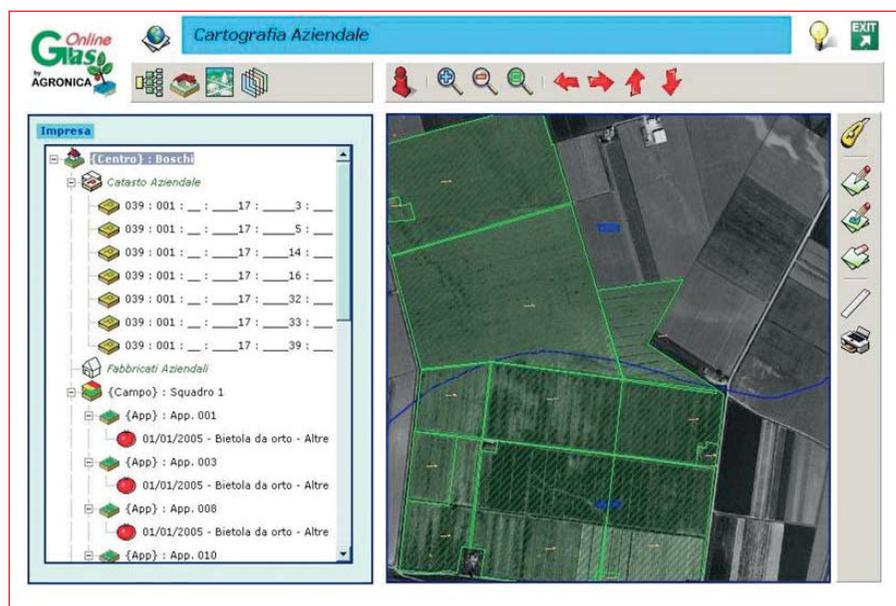


Fig. 2 - Cartografia aziendale: definizione degli appezzamenti e delle relative colture.

presenta un esempio, tra i più avanzati, di sistema per la gestione di tali attività, con integrata la gestione cartografica di appezzamenti e relative colture (figura 2). Il sistema incorpora, tra le altre funzionalità, moduli a supporto delle decisioni (ad esempio per le attività di concimazione), la cui attendibilità è fortemente legata alle informazioni che vengono fornite come input agli algoritmi: maggiore sarà la quantità e la qualità delle informazioni, migliori saranno i consigli e le previsioni a supporto delle attività agricole di campo.

Attualmente ci si limita alle informazioni inserite tramite attività di *back-office* e di rilevamento in campo da parte di tecnici, anche attraverso dispositivi mobili (in grado di georiferire ogni