

## PAM: previsioni agricole multiculturali mediante l'utilizzo di immagini satellitari

RENATO BRUZZI, CLAUDIO TOMASSINI, ELISA TRAVERSO

*Lo scopo di questo studio è sviluppare un software per la previsione della quantità di raccolto a partire da dati satellitari integrati con dati a terra, utili per distinguere le diverse colture presenti nell'area di studio e quantificarne l'estensione, dati meteorologici (pioggia, minimi e massimi di temperatura) e caratteristiche agroclimatiche del terreno, indice della produttività potenziale agricola. Il sistema dovrà essere flessibile e adattarsi a diversi tipi di colture e a differenti aree geografiche. Il lavoro suddetto non è ancora concluso, ma tuttora in via di sviluppo.*

### Introduzione

Prevedere i raccolti significa stabilire le tonnellate per ettaro e la produzione totale di una coltura in una determinata area prima che il raccolto sia avvenuto, possibilmente un paio di mesi in anticipo.

Lo scopo di un servizio di informazioni agrometeorologiche e previsioni agricole permette all'imprenditore agricolo, all'importatore di prodotti ortofrutticoli e all'impresa agroindustriale di conoscere con precisione dove e come il prodotto che si intende acquistare o vendere si è sviluppato secondo le caratteristiche richieste. Informazioni dettagliate, omogenee e ripetibili anno dopo anno permettono di conoscere le potenzialità e la qualità della zona per una determinata coltura ed area geografica.

### Metodologia applicata

Il progetto in questione ha come scopo lo sviluppo di un software prototipo per fornire previsioni di raccolti agricoli distinti per singole colture in tutto il mondo con l'utilizzo di dati satellitari, dati meteorologici, statistiche agricole, dati al suolo, conoscenze agronomiche su diversi tipi di coltura, pratiche culturali.

Sua caratteristica fondamentale è quella di essere flessibile per adattarsi a diversi tipi di colture e a differenti aree geografiche.

L'area test per un primo sviluppo del prototipo è rappresentata dalla Romagna (province di Forlì-Cesena, Ferrara, Ravenna, Bologna) suddivisa in celle (o unità fondamentali) di 10x10 km.

L'elaborazione di dati satellitari (immagini LANDSAT) consiste in confronti multitemporali tra le diverse immagini, composizioni a falsi colori, per stabilire gli ettari seminati in ogni cella per una determinata coltura e monitorarne lo sviluppo durante l'intera annata agricola.

I dati meteorologici forniscono informazioni relative alle precipitazioni, temperature min. e max., vento e ore di luce per ogni singola cella, e mediante la loro elaborazione spaziale mediante GIS consentono un confronto diretto per ogni singola cella con il dato satellitare (che viene periodicamente "calibrato" con verifiche al suolo). Infine,

### CARMAROLA

CLASSIFICAZIONE  
SUPERVISIONATA

#### LEGENDA

- Urbanizzato
- Erba medica
- Nuvole
- Cereali invernali
- Frutteto
- Suolo
- Non classificato



con i dati sopra elencati, viene sviluppata una logica di tipo agronomico sotto forma di modello matematico in relazione alle diverse fasi di crescita della coltura analizzata e all'area di indagine per prevedere le quantità di raccolto di ogni coltura per ogni singola cella.

### Elaborazione delle immagini satellitari

I dati satellitari utilizzati consistono in tre immagini Landsat TM5 acquisite rispettivamente nell'ottobre '98, aprile e giugno '99; le elaborazioni sono state effettuate mediante il software ER Mapper.

Sulle suddette immagini si sono svolte diverse elaborazioni:

1. Correzione geometrica dell'immagine.
2. Miglioramento del contrasto e composizione a falsi colori.
3. Classificazione supervisionata.

Come area campione per la classificazione delle immagini si è individuata la zona del comune di Cormarola (provincia di Ferrara), poiché in questo territorio i campi sono molto estesi e facilmente accessibili per ottenere dati di verità al suolo.

Le composizioni a falsi colori che hanno meglio contraddistinto i campi coltivati sono stati la 453 e la 532.

Dopo il campionamento a terra, in cui si sono individuate solo le principali coltivazioni quali cereali invernali, erba medica e frutteti, è stata fatta, mediante il SW di elaborazione immagini, la classificazione supervisionata, secondo il criterio di *maximum likelihood enhanced neighbour*; è stata utilizzata la composizione a falsi colori RGB 453, essendo risultata la più idonea per la classificazione delle colture individuate con il campionamento a terra.

I risultati della classificazione ottenuta sono stati applicati ad altre aree, ad esempio nel ferrarese, e dopo un'ulteriore verifica al suolo in queste zone sono risultate di buona qualità.

CLASSE	ETTARI	%
Nuvole	0.060	0.9
Frutteti	0.903	13.3
Erba medica	1.127	16.6
Cereali invernali	1.080	15.9
Suolo nudo	1.393	20.5
Urbanizzato	1.365	20.0
Non classificato	0.86	12.8

A questo punto, attraverso gli algoritmi contenuti nel software utilizzato, è stata calcolata l'estensione complessiva di ogni singola classe, i cui risultati sono sintetizzati nella tabella.

I valori elevati delle zone non classificate sono dovuti al fatto che si sono considerati nel rilevamento al suolo e conseguentemente nella classificazione delle immagini, solo alcuni tipi di coltivazioni.

### Elaborazione dati meteorologici mediante GIS

I dati meteorologici forniscono gli elementi base per conoscere l'andamento di una coltura in una determinata annata agraria giorno per giorno e sono confrontati con quelli degli anni precedenti e con i dati di produzione esistenti, per evidenziare per ogni cella della coltura il ritardo o l'anticipo rispetto all'andamento di un'annata agraria normale.

I dati meteorologici coinvolti nel progetto derivano dal modello di previsione utilizzato dal Centro Meteo Idrologico della Regione Liguria e riguardano Temperatura, Pioggia e Vento.

Questi dati sono stati elaborati mediante GIS per ottenere modelli spaziali raster con celle di dimensioni 10x10 km. Per ciò si è usato il software Arcview ed il modulo associato Spatial Analyst, creando una sorta di modello digitale del terreno in cui x e y rappresentano le coordinate geografiche dei punti corrispondenti al dato meteo e l'asse della z il valore in quel punto.

### Modello di previsione

Il modello che si sta cercando di sviluppare in questo studio sfrutta principalmente i dati meteorologici e di produzione per ettaro noti per ogni anno per le principali colture della zona in esame, tenendo però in considerazione altri dati quali le caratteristiche chimico-fisiche del terreno, il calendario di quella coltura che informa sul tempo

della semina e di raccolto, le pratiche colturali tipiche utilizzate, eventuali trattamenti antiparassitari applicati.

Purtroppo il modello ottenuto non è ancora stato testato sufficientemente a casi reali per confermarne attendibilità ed accuratezza.

### Conclusioni

L'agricoltura di precisione è una tecnologia nata da pochi anni ed è probabile che nel prossimo futuro possa svolgere un ruolo di grande importanza in tutto il settore agroindustriale.

Questo lavoro dimostra come il dato da satellite sia indispensabile a questa attività previsionale, poiché fornisce per vaste aree, in tempi rapidi, a bassi costi e con ottima affidabilità l'estensione della coltivazione di una data coltura in un'area, dato quanto mai necessario per una previsione di tonnellate prodotte per ettaro.

Inoltre, l'elaborazione degli altri tipi di dato (non solo meteo) utilizzati nel progetto mediante GIS, permette di ottenere modelli spaziali di tipo raster che forniscono una visione sinergica, sviluppata su più livelli, di ciascuna cella, che aiutano nell'implementazione del modello e nelle successive verifiche con dati reali.

I limiti di un lavoro di questo tipo consistono nel fatto che un modello, in quanto tale, non è realtà, poiché ad esempio non può tener conto di fenomeni imprevedibili quali alluvioni o tempeste, mentre il dato da satellite è comunque sempre dipendente da dati di verità al suolo, la cui efficienza sarà ancora più inconfutabile quando saranno disponibili, con i prossimi lanci di satelliti, immagini a risoluzione molto elevata (dell'ordine del metro).

### NOTA BIOGRAFICA



Elisa Traverso è nata a Genova il 19/11/1973. Ha frequentato durante il periodo febbraio-luglio 1997 uno stage presso la Facoltà di Scienze dell'Università di Nizza "Sophia Antipolis" per apprendere le tecniche di telerilevamento e trattamento di immagini satellitari nel campo della Geologia, della Geografia e dell'Oceanografia. Si è laureata nel luglio 1998 in Scienze Ambientali

(indirizzo marino), titolo della Tesi "Studio dell'ambiente marino costiero genovese mediante GIS e telerilevamento satellitare"; la suddetta tesi è stata pubblicata negli atti della 2a conferenza nazionale delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali (ASITA) - Bolzano, 24-27 novembre 1998.

Nel dicembre 1998 ha tenuto una comunicazione orale dal titolo "Remote sensing and GIS applications for the marine environment: a test case in the area of Genoa" presso il Joint Research Centre di Ispra (Varese).

## Modellistica idrogeologica integrata con sistemi GIS per analisi di vulnerabilità degli acquiferi

ALDO PRIMIERO, BRUNO DELLA VEDOVA  
DIPARTIMENTO INGEGNERIA NAVALE, DEL MARE E PER L'AMBIENTE  
SEZIONE GEORISORSE, UNIVERSITÀ DI TRIESTE

La valutazione del rischio ambientale derivante dall'inquinamento delle risorse idriche sotterranee è strettamente connessa allo studio della vulnerabilità intrinseca degli acquiferi (che dipende principalmente da fattori naturali) e all'analisi dell'interazione con il sottosuolo dei diversi centri di pericolo presenti sul territorio.

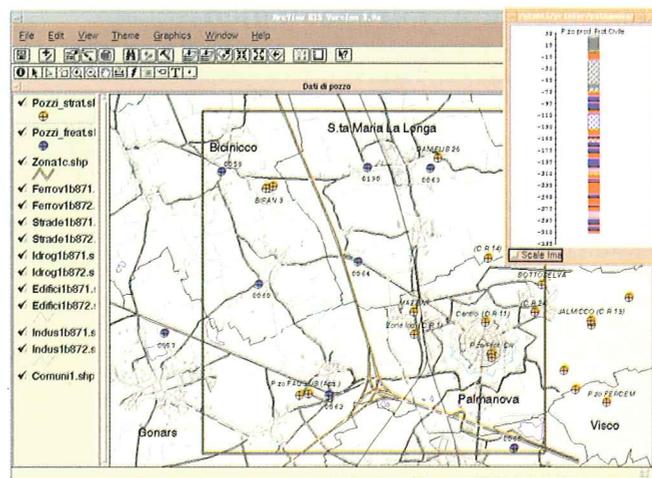
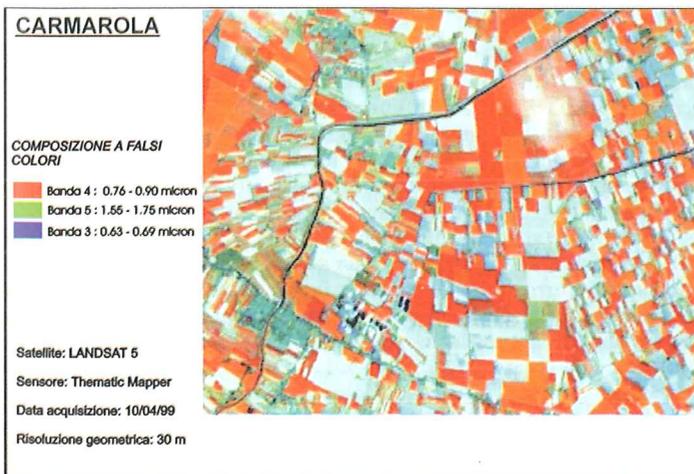
I centri di pericolo sono quelle attività antropiche che in vario modo possono costituire un pericolo per la qualità delle acque sotterranee (industrie, agricoltura, attività estrattive, ...). Essi sono soggetti a rapidi mutamenti sia nella distribuzione spaziale che nell'evoluzione temporale e quindi il loro controllo deve essere accurato e costantemente aggiornato su tutto il dominio tridimensionale interessato.



Schema dell'approccio proposto.

L'obiettivo dello studio realizzato è stato quello di proporre una metodologia integrata per affrontare le problematiche principali connesse alle valutazioni della vulnerabilità: in particolare la modellazione dei flussi idrici sotterranei e del trasporto di contaminanti e la stima degli impatti reali e/o potenziali dei centri di pericolo sugli acquiferi. I risultati di tali valutazioni sono fondamentali per la scelta delle strategie di prevenzione e protezione nella gestione del territorio.

A questo scopo la modellistica idrogeologica 3-D, realizzata con programmi di calcolo agli elementi finiti o alle differenze finite (il pacchetto software utilizzato è GMS - Groundwater Modeling System), è stata integrata con i sistemi GIS, utilizzati per la gestione della mole di dati interdisciplinari (cartografici, geologici, idrogeologici, catastali, urbanistici, ecc.) necessari allo studio della vulnerabilità degli acquiferi.



Esempio di utilizzazione del GIS per la gestione dei dati di pozzo.