

## Mappatura precoce delle colture con integrazione di dati ottici e radar: il caso di studio Space4Agri

G. Fontanelli, A. Crema, R. Azar, D. Stroppiana, P. Villa, M. Boschetti

Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente (CNR IREA), Via Bassini 15, Milan (Italy)

La disponibilità di informazioni riguardo le colture agronomiche, come tipologia, fenologia, produttività e stato fitosanitario è di cruciale importanza per un'accurata pianificazione e gestione degli ecosistemi agricoli da parte di agricoltori ed amministratori pubblici. I dati telerilevati, sia ottici che SAR, acquisiti da piattaforme spaziali, hanno dimostrato la loro efficacia nel fornire informazioni continuative, affidabili e in tempi brevi.

In campo agronomico il telerilevamento si è rivelato molto utile per applicazioni quali il riconoscimento del tipo di coltura e dello stadio fenologico, la stima delle rese, il monitoraggio dello stato fitosanitario e delle condizioni di stress (dovute a carenza idrica e/o di nutrienti), l'individuazione di infestanti, etc. I dati acquisiti da sensori quali MODIS e SPOT Vegetation e il futuro Sentinel-3, con una bassa risoluzione spaziale ma un'elevata frequenza di acquisizione permettono il monitoraggio delle colture a scala regionale (e.g. identificazione dello stadio fenologico). I dati a media ed alta risoluzione spaziale, ma con una bassa frequenza di acquisizione (minore tempo di rivisita) permettono uno studio più di dettaglio per applicazioni a scala locale (agricoltura di precisione). In questo quadro, la nuova generazione di sensori ottici (Sentinel-2, Landsat 8 OLI, Worldview 3) e SAR (COSMO-SkyMed, TerraSAR-X, RADARSAT-2) offre ed offrirà opportunità uniche per combinare alta risoluzione spaziale e frequenza di acquisizione.

Questo lavoro ha come obiettivo la mappatura precoce delle colture agricole in Lombardia, utilizzando serie temporali di immagini satellitari SAR e ottiche, al fine di fornire prodotti ed informazioni utili per il monitoraggio degli agro-ecosistemi della regione. La ricerca si inserisce nel progetto "Space4Agri" (Sviluppo di metodologie aerospaziali innovative di osservazione della terra a supporto del settore agricolo in Lombardia) finanziato congiuntamente dal CNR e da Regione Lombardia.

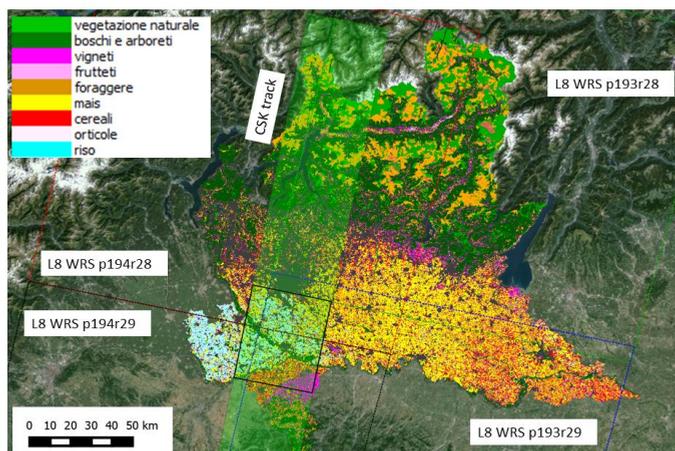


Figura 1 □ Mappa delle colture agricole in Lombardia durante l'anno 2013. Sono evidenziate in figura i frame delle immagini Landsat 8 OLI e SAR COSMO-SkyMed utilizzate. L'area di test, □ delimitata dal box nero.

L'utilizzo combinato di immagini di sensori SAR e ottici permette di trarre vantaggio dalle differenti sensibilità dei sistemi, in particolare nei confronti di umidità del suolo e contenuto d'acqua delle piante (quindi biomassa) per il SAR e per la caratterizzazione di parametri fisici collegati all'attività fotosintetica nelle diverse fasi fenologiche delle colture per i sensori ottici.

Il dataset di immagini satellitari raccolte e processate è composto da 15 COSMO-SkyMed StripMap HIMAGE in banda X, polarizzazione HH (angolo 24°, risoluzione spaziale 3m, risoluzione temporale 16 giorni, acquisite tra Febbraio e Novembre 2013) e 13 Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) (risoluzione spaziale 30m, risoluzione temporale 16 giorni, acquisite tra Maggio e Dicembre 2013).

L'area di studio è situata nella parte sud-occidentale della Lombardia (Figura 1), circondata dai fiumi Po e Ticino. Si tratta di un'area intensamente coltivata con colture sia vernine, come grano ed altri cereali, sia estive, come riso e mais. La sua scelta è motivata dal fatto di trovarsi in corrispondenza della sovrapposizione di due *track* orbitali Landsat e tre Cosmo-SkyMed, che permette l'incremento della frequenza di osservazione da parte di satelliti.

Le immagini sono state pre-processate al fine di ottenere il segnale calibrato e georeferenziato di entrambi i sensori (coefficiente di backscatter per i dati SAR e riflettanza corretta per l'effetto atmosferico per i dati ottici).

I dati pre-processati sono stati analizzati al fine di caratterizzare le serie temporali dei segnali su alcuni campi di riferimento, tenendo in considerazione le variazioni dovute alla differente tipologia (morfologia) delle specie, agli stadi fenologici e agli eventuali stress idrici. L'analisi è stata integrata con dati raccolti durante le campagne di misura *in-situ* svolte nell'area nel 2013. Sulla base di queste analisi sono stati estratti pixel campione per le diverse tipologie di colture (mais, riso, vernine, foraggio, altre colture estive) che sono stati utilizzati per il training di tre algoritmi di classificazione supervisionata: *Maximum Likelihood*, *Minimum Distance* e *Spectral Angle Mapper*. Un campione indipendente di pixel è stato utilizzato come dataset per la validazione dei risultati di classificazione.

L'accuratezza delle mappe di colture prodotte tramite i tre algoritmi di classificazione testati è stata stimata simulando la disponibilità dei soli dati ottici o SAR e grazie all'utilizzo integrato dei due, su differenti intervalli temporali (da T1, corrispondente a fine Giugno a T8, corrispondente a metà Dicembre 2013). I risultati hanno dimostrato come tra i classificatori scelti, il *Maximum Likelihood* consenta le accuratèzze più elevate con tutti i tipi di dati (vedi Figura 2). L'accuratezza di classificazione, in termini di *overall accuracy* (OA) raggiunta utilizzando i soli dati ottici (da 82.0% per T1 a 92.3% per T8) è superiore a quella raggiunta utilizzando i soli dati SAR (da 48.7% per T1 a 73.6% per T7), per tutti gli algoritmi. L'integrazione delle due tipologie di sensore consente alcuni miglioramenti nella classificazione, soprattutto nel primo periodo della stagione vegetativa (OA +1% rispetto al solo dato ottico), quando si è raggiunta un'accuratezza soddisfacente per le applicazioni di monitoraggio a scala regionale (da 83% a 89% per mappe prodotte entro fine Luglio).

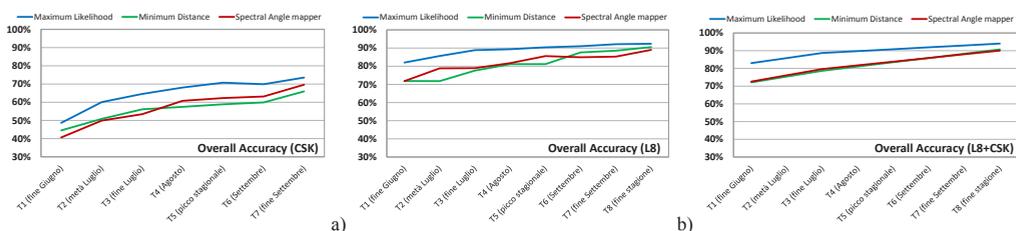


Figura 2 □ Accurtezze delle mappe delle colture prodotte da classificazione delle serie temporali satellitari, derivate su diversi intervalli temporali con l'uso degli algoritmi *Maximum Likelihood*, *Minimum Distance* e *Spectral Angle Mapper* partendo da features di input provenienti da: dati Cosmo SkyMed in polarizzazione HH (a), dati Landsat 8 OLI (b), e tramite l'uso congiunto delle due tipologie di dati (c).