

Sistemi di supporto decisionale innovativi dedicati alla gestione intelligente delle foreste e dell'agricoltura basati su immagini ottiche satellitari

Marco Morelli, Andrea Masini, Alberto Lupidi

Flyby S.r.l., Via Puini 97, 57128 – Livorno, tel: 0586 505016, e-mail: marco.morelli@flyby.it

Riassunto

In questo lavoro presentiamo alcuni metodi innovativi basati su immagini ottiche satellitari a supporto sia della gestione intelligente delle risorse forestali che delle pratiche agricole.

Le immagini satellitari ad alta risoluzione (come i dati RapidEye) possono essere sfruttate per lo sviluppo di servizi innovativi dedicati a fornire informazioni accurate sullo stato delle foreste. Inoltre questi dati telerilevati, combinati sinergicamente con i dati di morfologia del terreno (*DEM - Digital Elevation Model*), permettono di poter sviluppare Sistemi di Supporto alle Decisioni (*Decision Support Systems - DSS*) dedicati alla gestione sostenibile delle foreste: ad esempio tali strumenti possono aiutare nella pianificazione ottimale delle pratiche di raccolta del legno e di riforestazione.

In particolare nell'ambito del progetto FP7 "SLOPE" (*Integrated processing and control systems for sustainable forest Production in mountain areas*) stiamo sviluppando un nuovo servizio che, elaborando automaticamente immagini satellitari RapidEye, è in grado di poter fornire delle mappe sia di classificazione boschiva che dello stato di salute delle foreste. In particolare, questi dati vengono integrati in un nuovo sistema di supporto decisionale dedicato alla silvicoltura nelle zone di montagna.

Il servizio sviluppato potrà essere notevolmente migliorato mediante l'utilizzo delle immagini ottiche del futuro satellite Sentinel-2. Infatti la disponibilità di più bande spettrali e la maggiore ampiezza di lavoro (mantenendo una elevata risoluzione spaziale simile) rispetto alle immagini satellitari attualmente disponibili, consentirà lo sviluppo di soluzioni più economiche e veloci basate sia su di una classificazione migliore delle piante che su di una elaborazione più accurata dei parametri biofisici fondamentali per le foreste e l'agricoltura.

Abstract

We present innovative satellite-based methods concerning with both intelligent forest management and support to agricultural practices.

Satellite high resolution optical imagery (such as RapidEye data) is being exploited for the development of innovative services providing highly accurate information on forests status. Moreover these remotely sensed data, synergistically combined with terrain morphology data (*DEM - Digital Elevation Model*), can feed innovative Decision Support Systems (*DSS*) dedicated to sustainable forest management, e.g. supporting the optimal planning of both harvesting and reforestation practices.

We are developing in the frame of the EU funded FP7 SLOPE (*Integrated processing and control systems for sustainable forest Production in mountain areas*) project a new service that automatically elaborate RapidEye satellite imagery in order to provide forest classification maps and forest health maps. In particular these data are being integrated into a new decision support system dedicated to forestry in mountain areas.

The developed service could be greatly improved by means of the Sentinel-2 satellite imagery. Indeed the combined availability of more spectral bands and a greater swath width (maintaining a similar high spatial resolution) with respect to currently available satellite imagery, could allow the development of a cheaper and quicker solution based on both a more accurate plants classification and a more accurate elaboration of fundamental parameters.

1. INTRODUZIONE

Il territorio italiano, così come quello dell'Unione Europea, è in parte montuoso e prevalentemente ricoperto da boschi in cui la filiera foresta-legno ricopre un ruolo cruciale nell'economia specialmente su scala locale. Rispetto ai territori pianeggianti, però, le condizioni di elevata pendenza rendono il legname ricavato dalle zone montane meno competitivo, a causa del maggior costo delle utilizzazioni forestali. Infatti se nel centro-nord Europa, dove le condizioni orografiche lo consentono, i costi di prelievo del legname sono sensibilmente abbattuti dall'impiego di macchine tecnologicamente avanzate ed altamente produttive, nelle aree boschive presenti ad esempio sui ripidi versanti alpini l'uso di queste attrezzature è fisicamente improponibile.

Nell'ultimo decennio la competitività del legname montano è aumentata grazie all'introduzione dei processori che, accoppiati alle teleferiche, consentono di esboscare piante intere e allestirle all'imposto. Questo però non è ancora sufficiente a colmare la differenza di costi tra le utilizzazioni di soprassuoli in terreni pianeggianti o collinari e quelle di boschi montani, tanto più che negli ultimi anni i sistemi di lavoro altamente meccanizzati stanno incrementando ulteriormente la loro efficienza grazie alle tecniche di *precision forestry*, cioè all'impiego di apparecchiature come i GPS sempre più spesso implementato dai dati LiDAR.

2. IL PROGETTO SLOPE

Per colmare questo gap è stato ideato un sistema integrato di raccolta e gestione delle informazioni associato a un cantiere forestale basato su macchine "intelligenti". L'idea si è concretizzata in un progetto finanziato dall'Unione Europea nell'ambito del Settimo Programma Quadro (FP7) con l'acronimo "SLOPE" (www.slopeproject.eu) - *Integrated processing and control systems for sustainable forest Production in mountain areas*.



Figura 1 □ Partner coinvolti nel progetto FP7 SLOPE.

In tal contesto, è di fondamentale importanza la disponibilità rapida di dati satellitari ad alta risoluzione indicanti sia la composizione che lo stato di salute delle foreste. Questa parte del sistema SLOPE è in corso di sviluppo da parte di Flyby e si basa attualmente sull'elaborazione in quasi tempo reale di immagini ottiche fornite dal satellite Meteosat Second Generation (sensore SEVIRI) ed immagini RapidEye ad altissima risoluzione spaziale (in futuro integrabili anche con immagini fornite dal satellite Sentinel-2).

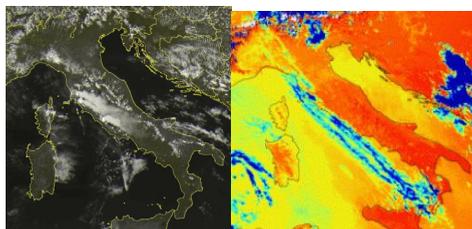


Figura 2 □ Esempio di immagine fornita dal satellite Meteosat Second Generation e della mappa di irradianza solare incidente al suolo elaborata in quasi tempo reale.



Figura 3 □ Esempio di elaborazione di una immagine ad alta risoluzione spaziale per la mappatura del territorio boschivo.

3. SISTEMA INFORMATIVO FORESTALE

Il sistema informativo forestale che verrà sviluppato in SLOPE consentirà di eseguire una serie di operazioni quali la pianificazione e la gestione delle risorse boschive, l'ottimizzazione dell'uso della rete stradale forestale e la gestione della logistica, con il vantaggio di ottimizzare le procedure e ridurre i ritardi nelle operazioni di coordinamento dei mezzi di trasporto al fine di evitare la saturazione delle aree di deposito.

All'interno di SLOPE, Flyby partecipa attivamente alla definizione del processo di elaborazione dei dati telerilevati acquisiti mediante veicoli *unmanned* (UAV) e sensori satellitari di Osservazione della Terra (*EO* □ *Earth Observation*) utili al monitoraggio della crescita degli alberi, alla produzione di biomassa, alla definizione delle caratteristiche territoriali delle aree montane e alla creazione dell'inventario forestale.

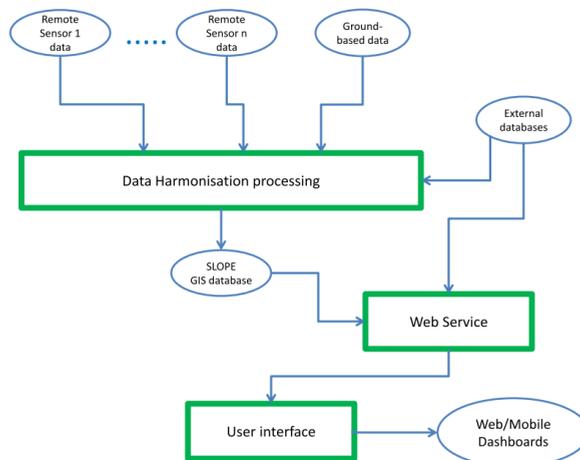


Figura 4 □ Schema della catena di elaborazione dei dati satellitari per la creazione di sistemi informativi forestali.

Inoltre, grazie ai dati rilevati da remoto e sul campo, Flyby contribuirà allo sviluppo di un modello virtuale 3D dell'area boschiva necessario per la pianificazione sia delle operazioni di accollo che alla logistica e circolazione stradale all'interno delle foreste indicando parametri quali dimensione, condizioni, capacità di consentire il passaggio a determinate categorie di veicoli.

4. MONITORAGGIO SATELLITARE DELLE FORESTE

Il territorio boschivo viene caratterizzato con un crescente grado di dettaglio, passando dalle immagini satellitari, il rilievo a bassa quota con “droni” e infine l’utilizzo di laser scanner sottochioma. I dati aerei vengono utilizzati per generare un modello dettagliato della copertura arborea e dell’orografia del terreno, ma anche per stimare la massa legnosa. Sulla base di queste informazioni si pianificano i rilievi a terra, di modo che con il minimo numero possibile di posizionamenti del laser-scanner si possa coprire l’intera superficie boscata. Le informazioni e le immagini ottenute dalle diverse fonti (sopra e sotto chioma) vengono poi integrate, creando un modello tridimensionale della foresta e dell’orografia del terreno. Con questo è possibile caratterizzare con precisione tutte le piante presenti nelle parcelle forestali, sino al punto da visualizzare gli assortimenti ritraibili da ogni albero.

Le informazioni sulla massa legnosa, l’orografia e la posizione di ancoraggi e supporti intermedi consentiranno di sviluppare un software per aiutare gli operatori a individuare rapidamente i corridoi più idonei, riducendo i tempi di allestimento della linea.

Lo stato di salute delle piante nelle foreste sarà monitorato grazie all’utilizzo di diversi indici biofisici ricavabili da misure di riflettanza spettrale.

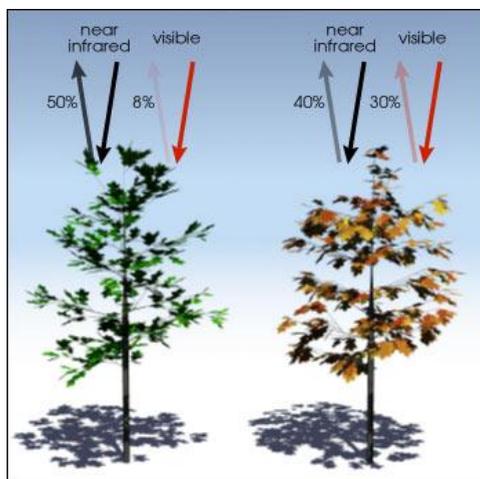


Figura 5 □ Diversa riflettanza per uno stesso albero con foglie di colore diverso (effetto causato da una diversa fase fenologica o da uno stato di salute differente)

Uno degli indici più importanti che sarà monitorato è il *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) che è dato dalla relazione:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{VIS}) / (\text{NIR} + \text{VIS}) \quad [1]$$

dove con NIR si è indicato la riflettanza nel vicino infrarosso e con VIS quella nel visibile.

Il sistema sviluppato attualmente è in grado di fornire una stima dello stato di salute delle foreste a partire dalle informazioni sull’irradianza solare incidente a terra (ricavabile in quasi tempo reale da immagini MSG) e dall’analisi della variazione temporale di indici come l’NDVI (mappato a partire da immagini RapidEye ad alta risoluzione spaziale).

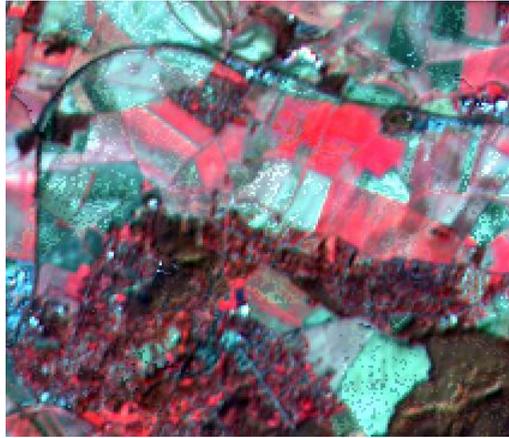


Figura 6 □ Esempio di mappa relativa alla variazione mensile dell'NDVI.

5. BIBLIOGRAFIA

Isenbrands J.G. e Richardson J.(2014), *Poplars and willows*, Edizione FAO – CABI, Roma

Benincasa F., Maracchi G., Rossi P. (1991), *Agrometeorologia*, Patron Editore, Bologna

Bacci F., Benincasa G., Maracchi G. e Zipoli G. (1991), “Ground-based remote-sensing measurements for early detection of plant stresses”, *EPPO Bulletin*, 21: 673:681

Cano D., Monget J.M., Albuissou M., Guillard H., Regas N., e Wald L. (1986), “A method for the determination of the global solar radiation from meteorological satellite data”, *Solar Energy*, 37: 31-39