

RISULTATI DEL MONITORAGGIO DEL MANTO NEVOSO SULLA REGIONE ABRUZZO CON DATI MODIS NEL PERIODO OTT. 2005 – APR. 2006

Monica PALANDRI (*), Achille CIAPPA (*), Cristina NEGRI ARNOLDI (*),
Emilio DOMINGO IANNARELLI (**)

(*) Telespazio, Via Cannizzaro 71 - 00156 Roma, 06-40793833, monica.palandri@telespazio.com

(**) Regione Abruzzo - Protezione Civile - Servizio Previsione e Prevenzione dei Rischi, emiann@regione.abruzzo.it

Riassunto

Il lavoro si inserisce nell'ambito di un contratto tra Telespazio e la Regione Abruzzo che prevede la valutazione dello scioglimento del manto nevoso in previsione di eventi di protezione civile. In questo studio sono presentati i risultati delle attività di calibrazione e validazione di un servizio di monitoraggio del manto nevoso effettuato con dati satellitari MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) sulla Regione Abruzzo nel periodo 2005 - 2006. La metodologia utilizzata è basata su studi compiuti dalla NASA per l'individuazione della neve da dati MODIS attraverso il settaggio di opportune soglie dell'indice (Normalized Snow Difference Index). Come evidenziato in precedenti studi, le maggiori difficoltà sono state riscontrate nella contaminazione dovuta a particolari formazioni nuvolose la cui risposta spettrale nelle bande MODIS è molto simile a quella dei pixel innevati. Nella fase di calibrazione i coefficienti dell'algoritmo di 'snow detection' per dati MODIS sono stati tarati utilizzando come riferimento acquisizioni LANDSAT-TM a maggior risoluzione spaziale (30 m per pixel rispetto ai 500 m per pixel delle mappe di neve MODIS). I risultati del monitoraggio effettuato sono stati infine confrontati con rilievi in campo e dati provenienti dalla rete di nivometri del Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Abruzzo e del Corpo Forestale dello Stato raccolti nello stesso periodo.

Abstract

This work is part of a project framework focused on the snow coverage monitoring from satellite for civil protection purposes realised by the Regione Abruzzo and Telespazio SpA. Results of the MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) snow coverage calibration and validation, performed using 'ground truth' data during winter 2005-2006, are presented in this study. The followed methodology is based on NASA snow detection studies, seeking in particular appropriate thresholds of the NDSI (Normalized Snow Difference Index). As evidenced in literature, major difficulties arise due to the presence of high cold clouds (cirrus) with a spectral signature similar to snow covered pixels. In the calibration phase, NDSI thresholds have been tuned using LANDSAT-TM images with a higher spatial resolution (30m per pixel, with respect to 500m of MODIS data). In the validation phase, results have been compared with 'ground truth' snow measurements effected during surveys or automatically acquired in the same period by the Servizio Idrografico e Mareografico della Regione Abruzzo and by the Corpo Forestale dello Stato.

Premessa

L'attività prevista rientra in un più ampio progetto riguardante la Regione Abruzzo finalizzato alla valutazione dello scioglimento del manto nevoso in previsione di eventi di protezione civile. Nel presente studio sono stati confrontati i risultati dell'attività di calibrazione del monitoraggio del manto nevoso eseguito mediante dati satellitari MODIS (MODerate-resolution Imaging

Spectroradiometer) con i dati registrati dalla rete di nivometri del Servizio Idrografico e Mareografico e del Corpo Forestale dello Stato nel periodo novembre 2005 - aprile 2006.

I dati satellitari forniti dal sensore MODIS (MODerate-resolution Imaging Spectroradiometer) consistono in una acquisizione giornaliera diurna per ciascuno dei due satelliti (Terra ed Aqua) su cui è operativo lo strumento. I risultati riportati in questo studio sono stati ottenuti utilizzando dati MODIS provenienti dal satellite Terra, il cui passaggio giornaliero sull'Italia si verifica all'incirca alle ore 11.00 AM GMT. Il sensore MODIS acquisisce dati ad 1km per pixel in 36 bande radiometriche, le cui prime 7 sono acquisite a risoluzione spaziale di 500m e le prime 2 a 250m.

Per ottenere l'estensione della copertura nevosa dall'acquisizione giornaliera MODIS è necessario prima produrre una maschera di cloud/clear sky, e successivamente classificare i pixel in clear sky come nevosi o non nevosi. La generazione della maschera delle nubi richiede l'utilizzo di parecchie bande MODIS disponibili a 1km di risoluzione, ragion per cui è prodotta a questa risoluzione. La discriminazione dei pixel nevosi da quelli non nevosi si basa su soglie dei canali 2 e 4 e del NDSI (Normalized Snow Difference Index), ottenuto come combinazione dei due, pertanto la risoluzione spaziale della copertura nevosa giornaliera è di 500m.

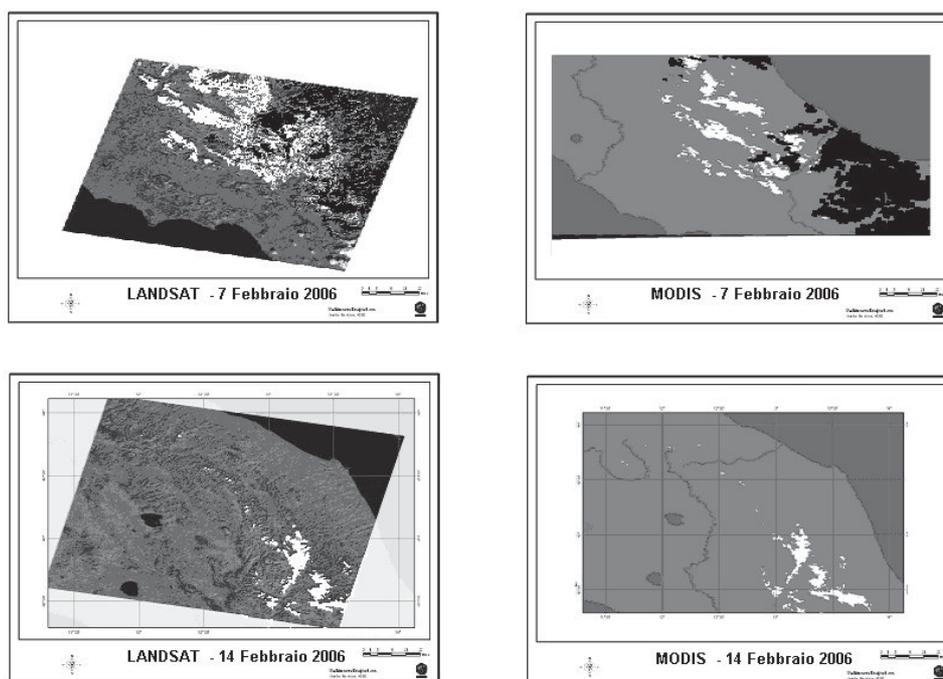


Figura 1. Confronto tra mappe di neve da LANDSAT (a sinistra) e MODIS (destra) nell'area della regione Abruzzo (neve in bianco, nuvole in nero)

Calibrazione

La prima fase dello studio è consistita in un'attività di calibrazione delle soglie radiometriche.

Il primo passo del processo di discriminazione tra pixel nevosi e non nevosi consiste nel mascheramento delle aree coperte da nubi. Una volta determinate le aree di cielo sereno, l'identificazione dei pixel nevosi (Hall ed altri, 2001) è stata effettuata attraverso soglie delle bande 2 e 4 e dell'NDSI (*Normalized Difference Snow Index*). Nell'algoritmo sono utilizzati valori di *calibrated radiance*, essendo molti dei test necessari per la *cloud mask* basati su queste unità (King ed altri, 2006; Ackermann ed altri, 2006). Le soglie utilizzate per i tre test sulle bande 2, 4 e NDSI, frutto dell'attività di calibrazione, sono state rispettivamente di 37, 60 e 0.90, per cui i pixel in condizioni di clear-sky sono stati classificati come nevosi per valori nelle suddette bande al di sopra di queste soglie.

Questo set di valori, frutto di un'attività di calibrazione effettuata in diverse zone del territorio italiano ed in diversi periodi dell'anno, rappresenta il miglior compromesso per la discriminazione

spettrale tra *pixel* innevati e *pixel* nuvolosi, in particolare stratificazioni alte e fredde. L'utilizzo di soglie meno restrittive, ad esempio, mentre da un lato consente una più completa individuazione dell'estensione nevosa (e sarebbe pertanto più efficiente in condizioni di cielo sereno), causa molti errate classificazioni in presenza di copertura nuvolosa. Pertanto le soglie utilizzate sono da intendersi come il miglior compromesso tra la massima identificazione delle aree innevate ed il minor numero di errate identificazioni, almeno sulla base degli algoritmi di mascheramento nubi ed identificazione dei pixel innevati utilizzati.

I risultati ottenuti con i parametri selezionati sono riassunti nella figura 1, dove la mappatura delle aree innevate da MODIS sulla Regione Abruzzo è confrontata con quella ottenuta con dati LANDSAT, a migliore risoluzione spaziale (circa 30m per pixel) ma a scarsa ripetitività temporale (tra i 7 e 14 gg.). Come è evidenziato in figura, mentre nella prima data (7 Febbraio 2006) la mappatura da MODIS solo parzialmente coincide con le aree innevate evidenziate da LANDSAT, nella seconda data la sovrapposizione delle aree è quasi completa. Considerando che nell'esempio riportato in figura si è in presenza di una progressiva diminuzione dello spessore del manto nevoso (le coppie di immagini sono state acquisite a distanza di 7 giorni), questa tipologia di risultato (ricorrente anche in diversi periodi dell'anno, in zone Alpine ed Appenniniche del centro Italia) sembra indicare che l'efficienza del monitoraggio della copertura nevosa da MODIS dipenda in prima approssimazione dallo spessore del manto nevoso, risultando particolarmente efficace in aree dove la copertura nevosa è persistente e presumibilmente più spessa.

Si è pertanto condotto uno studio di validazione, utilizzando dati di 'ground truth', con il duplice scopo di verificare la fondatezza dell'ipotesi e possibilmente di trovare la soglia minima di spessore del manto nevoso identificabile con dati da satellite MODIS.

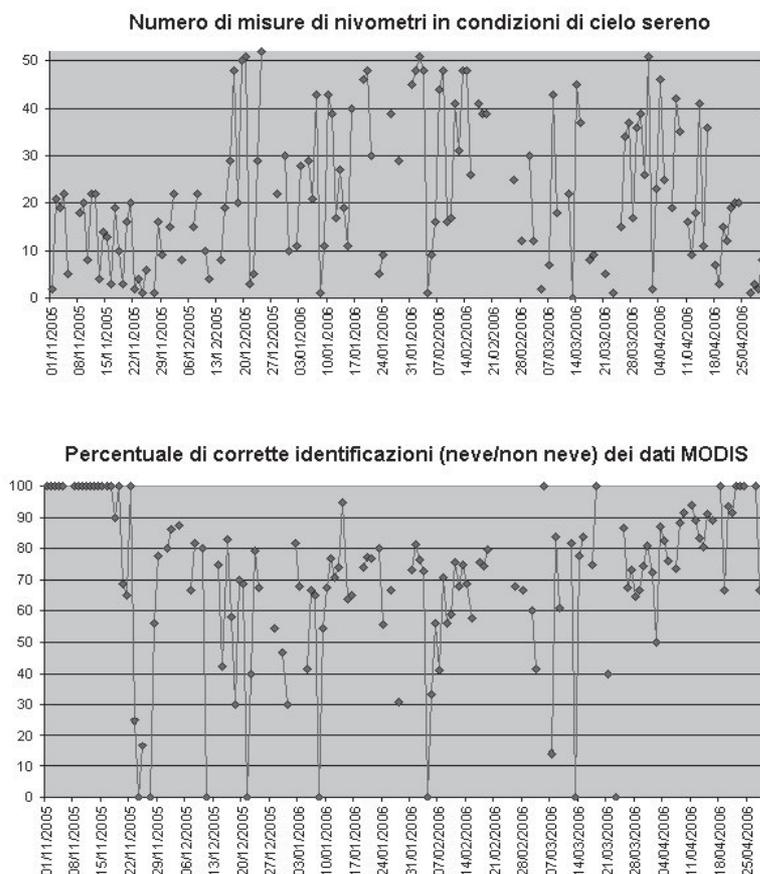


Figura 2. Percentuali di corrette identificazioni di pixel innevati sull'area della Regione Abruzzo da Novembre 2005 ad Aprile 2006.

Validazione

Nella fase di validazione sono stati utilizzati:

- dati registrati giornalmente in 30 stazioni manuali del Corpo Forestale dello Stato nel periodo compreso tra il 15/12/2005 e il 21/04/2006;
- dati registrati giornalmente dal Servizio Idrografico e Mareografico nel periodo dal 01/11/2005 al 30/04/2006 (nivometri 23, di cui 6 muniti di registratore e 17 pervenuti tramite osservatore);
- immagini MODIS\TERRA che coprono il periodo dal 01/11/2005 al 30/04/2006 (di cui 30 giorni di completa copertura nuvolosa e 48 giorni di scarsa qualità delle acquisizioni);

Ulteriori dati utilizzati sono stati la carta dell'uso del suolo (CLC2000) della Regione Abruzzo ed un modello digitale di elevazione (DEM a celle di 90 m.).

Dopo una fase di filtraggio dei dati spuri (mancanza di coordinate, incongruenze di toponimi e mancanza di misure per i dati nivometrici, indisponibilità dei dati satellitari a causa di copertura nuvolosa), una prima analisi è stata effettuata sulla corretta identificazione della presenza/assenza di neve del dato satellitare, riportata in figura 2 in termini di percentuali di corrette identificazioni dal dato satellitare (secondo grafico) e del numero di misure di nivometri utilizzate per la percentuale. A tal riguardo è da considerare che la gran parte dei nivometri è posizionata in alta montagna, per cui gran parte delle misure verificate sono misure di presenza di neve. Escludendo le date in cui il numero di misure di nivometri disponibili per il confronto è esiguo e per cui la statistica ha una scarsa significatività, si nota una percentuale complessiva di corretta identificazione di pixel nevosi all'incirca del 70%. C'è da tenere presente che questo risultato è ottenuto utilizzando uno solo dei due satelliti disponibili su cui è operativo il sensore MODIS. L'utilizzo combinato dei due potrebbe molto migliorare la qualità complessiva del monitoraggio.

La successiva fase, finalizzata all'identificazione delle soglie di spessore del manto nevoso effettivamente individuabile tramite MODIS, è consistita nel selezionare un numero ridotto, ma affidabile, di misure contemporanee da nivometro e da satellite su cui effettuare un più approfondito confronto.

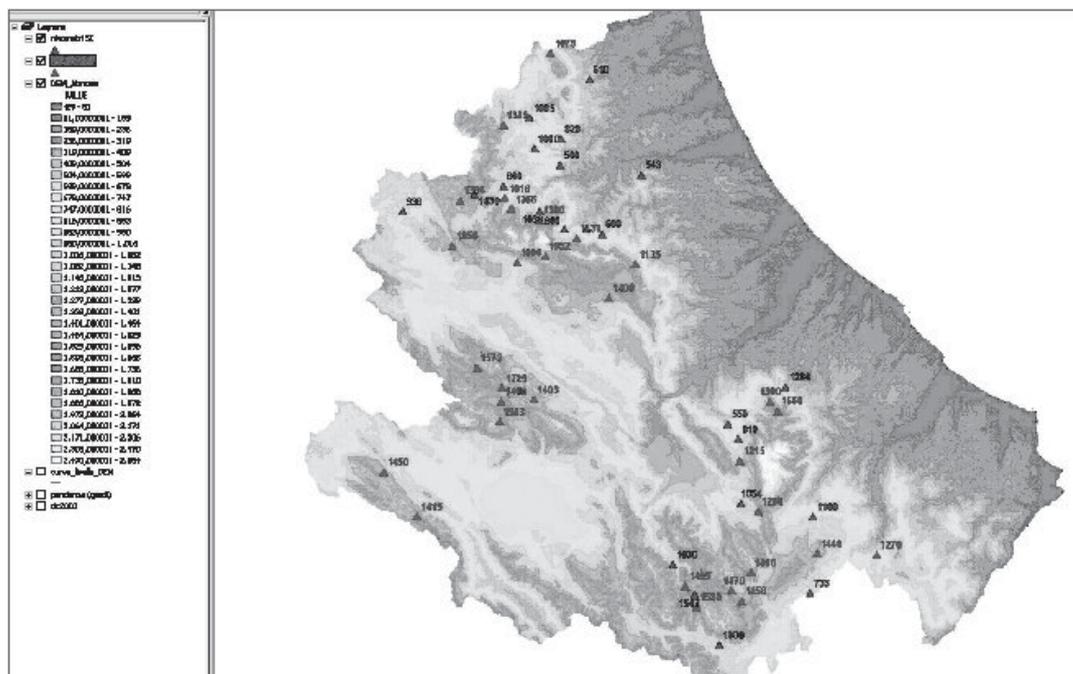


Figura 3. Distribuzione spaziale dei nivometri considerati in questo studio sovrapposto al modello di elevazione del terreno della Regione Abruzzo.

Per questo scopo sono state isolate sei date, tutte caratterizzate da un numero cospicuo di misure di nivometri e immagini da satellite non affette da nubi, tre in cui il risultato del monitoraggio da MODIS era particolarmente insoddisfacente, e tre in cui era molto soddisfacente. L'analisi delle date particolarmente negative ha portato all'identificazione della causa nella sfavorevole geometria di acquisizione del satellite, quando l'area monitorata è lontana dal nadir e collocata su bordo immagine. Infatti a causa della cattiva geometria di presa, il percorso atmosferico molto maggiore affligge sia la qualità del riconoscimento spettrale dei pixel innevati sia la risoluzione spaziale del pixel al suolo, pertanto le date con cattiva geometria di acquisizione sono state scartate dal dataset ristretto. L'analisi delle date in cui il risultato complessivo del monitoraggio è molto buono hanno permesso di selezionare ulteriormente il data set dei nivometri, escludendo quelli le cui misure erano sempre in contrasto con le osservazioni da satellite ed evidentemente afflitti da un problema di non corretta localizzazione, o di errore dello strumento. Ulteriori verifiche effettuate confrontando la collocazione altimetrica di questi nivometri (attraverso l'uso del DEM, in figura 3) e la carta dell'uso del suolo (scartando i nivometri collocati in aree boscate nello specifico boschi di latifoglie) ha ulteriormente affinato il numero di misure su cui approfondire il confronto.

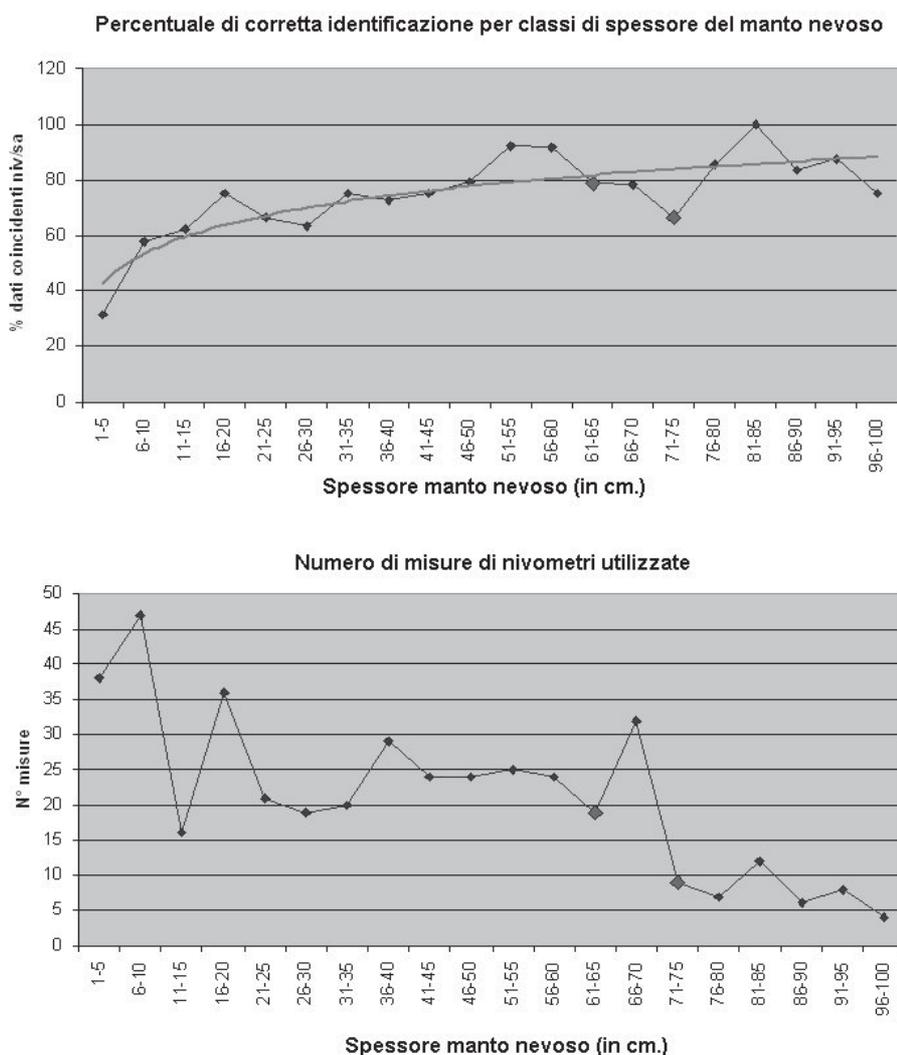


Figura 4. Percentuali di corrette identificazioni dei pixel innevati per classi di spessore del manto nevoso (su un dataset ristretto).

Conclusioni

I risultati dell'analisi del dataset ristretto è illustrata in figura 4, dove la percentuale di corrette identificazioni è riportata per classi di spessore del manto nevoso. Alla luce dei risultati ottenuti in questo studio si potrebbe ipotizzare che il monitoraggio dell'estensione del manto nevoso risulta particolarmente efficace per altezze di neve superiori ai 20 cm. (percentuale maggiore del 70%).

L'interpretazione di questo risultato trova anche riscontro nella considerazione del fatto che la risoluzione spaziale del monitoraggio della neve da MODIS è di circa 500m, per cui in condizioni di scarsa copertura nevosa (inferiore ai 10cm) è frequente che, in un regime di scioglimento, tratti di territorio corrispondenti al pixel risultino solo parzialmente ricoperti. I risultati qui presentati sono ottenuti con una scelta piuttosto conservativa delle soglie di identificazione, onde evitare la ricorrenza di false identificazioni di pixel nuvolosi come pixel di neve. Una maggiore affidabilità degli algoritmi di identificazione della copertura nuvolosa, ad esempio, consentirebbe un abbassamento delle soglie di identificazione della neve ed una maggiore efficienza nel monitoraggio satellitare da MODIS.

Bibliografia

King M.D., Platnik S., Hubanks P.A., Arnold G.T., Moody E.G., G. Wind, B. Wind, 2006. Collection 005 Change summary for the MODIS cloud Optical Property (06_OD) Algorithm, Version 3.1. NASA Reference Report, 9 May 2006.

Ackerman S., Strabala K., Menzel P., Frey R., Moeller C., Gumley L., Baum B., Wetzell Seemann S., Zhang H., 2006., Discriminating clear-sky from cloud with MODIS . ATBD (MOD35). NASA Reference Report, October 2006.

Hall K., Riggs G.A., Salomonson V.V., 2001. Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) for the MODIS Snow and Sea Ice-Mapping Algorithms. NASA Reference Report, September 2001.