

# TELERILEVAMENTO DI EVENTI PRECIPITATIVI DA SATELLITE CON SENSORI A INFRAROSSO

**P. Basili<sup>1</sup>, S. Bonafoni<sup>1</sup>, R. Biondi<sup>1</sup>, F. Pelliccia<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Dip. di Ingegneria Elettronica e dell'Informazione, Università degli Studi di Perugia,  
via Duranti 93, 06125 Perugia, [basili@diei.unipg.it](mailto:basili@diei.unipg.it);

## Abstract

*Simultaneous rainfall analyses using AMSR-E passive microwave measurements and thermal infrared measurements from MODIS on board the spacecraft AQUA are presented for several rainy events over the Mediterranean area and, particularly, over the Trasimeno lake, in the central Italy. The performances of the algorithm for rainfall identification and for the rain rate retrieval from thermal infrared channels are compared with the rain rate retrieval from microwave brightness temperatures and with ground-based raingauge measurements acquired in the Trasimeno lake area.*

## INTRODUZIONE

Prevedere e monitorare la distribuzione spaziale e temporale della pioggia è uno dei principali obiettivi della meteorologia e della diagnostica ambientale e il telerilevamento con sensori posti su satellite è sicuramente in grado di fornire un aiuto fondamentale. Il modo classico per ricavare la precipitazione da misure satellitari è basato su osservazioni da sensori a microonde, ma ultimamente si stanno utilizzando anche dati nell'infrarosso termico per stimare gli eventi precipitativi, dati in grado di fornire una migliore risoluzione spaziale e temporale. Sfruttando la disponibilità di un ampio data set di misure satellitari, sono state prodotte delle mappe di pioggia sulla zona del Mediterraneo e sul bacino del Trasimeno che sono state validate con dati di pioggia registrati da stazioni a terra.

I dati da satellite, ossia le temperature di brillanza a microonde fornite dal sensore AMSR/E su satellite AQUA e le radianze nell'infrarosso termico fornite dal sensore MODIS sempre su satellite AQUA, sono stati elaborati con opportuni algoritmi noti in letteratura. Nel caso delle misure a microonde, le stime di intensità di precipitazione vengono fornite direttamente dal sito della NASA-NASDA [1], mentre nel caso delle misure ad infrarosso è stato implementato l'algoritmo ECST [2].

I risultati relativi alla individuazione dell'evento piovoso e alla stima della intensità di precipitazione da misure da satellite a microonde e all'infrarosso sono stati prima ottenuti su tutta l'area del Mediterraneo, poi localmente sono stati confrontati con i contemporanei dati di pioggia forniti dai pluviometri del bacino del Trasimeno.

## I SENSORI AMSR-E E MODIS SU SATELLITE AQUA

Il satellite AQUA [3] appartiene ad una missione satellitare NASA (National Aeronautics and Space Administration) – EOS (Earth Observing System) nata per raccogliere informazioni sul ciclo dell'acqua (vapor d'acqua nell'atmosfera, nubi, precipitazioni, umidità della superficie, ghiaccio e copertura nevosa su mare e terra). E' stato lanciato il 4 maggio 2002 su un'orbita polare eliosincrona ad una altitudine di

circa 705 Km; la piattaforma trasporta sei diversi strumenti per il monitoraggio ambientale, con canali radiometrici il cui contemporaneo utilizzo consente di coprire gran parte dello spettro elettromagnetico [4].

In questo lavoro sono stati utilizzati i dati a microonde del sensore AMSR-E e i dati a infrarosso del sensore MODIS.

L'AMSR-E è un radiometro passivo a scansione conica, avente sei frequenze di lavoro tutte nella banda delle microonde (6.9, 10.7, 18.7, 23.8, 36.5, e 89 GHz) e dodici canali che effettuano misurazioni di temperatura di brillanza sia in polarizzazione orizzontale che verticale. La sua risoluzione spaziale varia da 5.4 km (89 GHz) fino a 56 km (6.9 GHz). I dati acquisiti dall'AMSR-E ( $T_B$ ) sono raccolti e resi disponibili gratuitamente dalla NASA e dal NASDA (National Space Development Agency) [1] e vengono poi elaborati per produrre i vari parametri geofisici, tra i quali l'intensità di precipitazione che è di interesse in questo lavoro.

Il MODIS, utilizzato in questo lavoro, è un radiometro multispettrale cross-track, avente trentasei bande spettrali (venti nel visibile e sedici nell'infrarosso) uniformemente distribuite nel range 0.415 – 14.235  $\mu\text{m}$ . Le risoluzioni spaziali disponibili sono 250 m, 500 m, 1000 m nel visibile e 1000 m nell'infrarosso, quindi decisamente migliori rispetto ai sensori a microonde. Alle radianze registrate dal sensore sono applicati appropriati algoritmi per ottenere le relative  $T_B$  e i vari prodotti geofisici [5].

## **ALGORITMI DI STIMA DELLA PRECIPITAZIONE**

La stima dell'intensità di precipitazione da misure radiometriche a microonde da satellite è tra le attività di ricerca più importanti nell'ambito del telerilevamento elettromagnetico ambientale [6], specialmente per le sue ricadute nella meteorologia e nella gestione del territorio. Grazie alla disponibilità dei dati acquisiti da tali sensori, è possibile impiegare, testare ed eventualmente migliorare algoritmi noti in letteratura per produrre mappe di pioggia nella zona di interesse.

Nel caso dell'AMSR-E, dal sito NASA-NASDA vengono direttamente forniti i valori di intensità di precipitazione per ciascun pixel, di dimensioni pari a 5.4 km, sia su superficie marina che terrestre. Gli algoritmi sono i seguenti: il *GSFC Profiling algorithm over ocean* [7], e il *Modified GSFC Profiling algorithm over land* [8].

Nel caso del MODIS, è stato implementato e applicato l'algoritmo ECST (Enhanced Convective Stratiform Technique) [1] modificato nel test di ingresso, impiegando tre canali nell'infrarosso termico: 8.4 - 8.7  $\mu\text{m}$ , 10.78 - 11.28  $\mu\text{m}$ , 11.77 - 12.27  $\mu\text{m}$ . Tale algoritmo è stato implementato in ambiente Matlab, realizzando una procedura automatica che permette di mappare l'evento precipitativo nella zona geografica di interesse, distinguendo inoltre situazioni convettive e stratiformi.

E' importante sottolineare come negli ultimi anni siano stati compiuti diversi studi per stabilire un possibile legame tra la precipitazione e le misure fornite da sensori satellitari per telerilevamento operanti all'infrarosso [9]. Com'è noto, infatti, la radiazione all'infrarosso penetra difficilmente oltre la nube: perciò i sensori ad infrarosso non sono in grado di vedere cosa accade negli strati più bassi della nuvola per poter dedurre informazioni dirette su eventuali eventi piovosi. Di conseguenza gli algoritmi vengono allenati o con contemporanei dati satellitari a microonde, o con misure da pluviometri e da radar meteorologici, o con dati da modelli numerici di nube. Nel caso dell'algoritmo ECST, sono stati impiegati dati provenienti da radar e da modelli numerici.

## **RISULTATI SPERIMENTALI**

Come primo passo, si è proceduto a confrontare nella zona del Mediterraneo i pixel di pioggia prodotti dall'AMSR-E con quelli del MODIS applicando l'ECST, utilizzando dati a infrarosso già mediati su 5 km.

Nelle figure 1 e 2 sottostanti, vengono riportate le intensità di precipitazione (RR, mm/h) rispettivamente per l'AMSR-E e per il MODIS per un episodio del 30 Novembre 2005 delle ore 12:10 – 12:15.

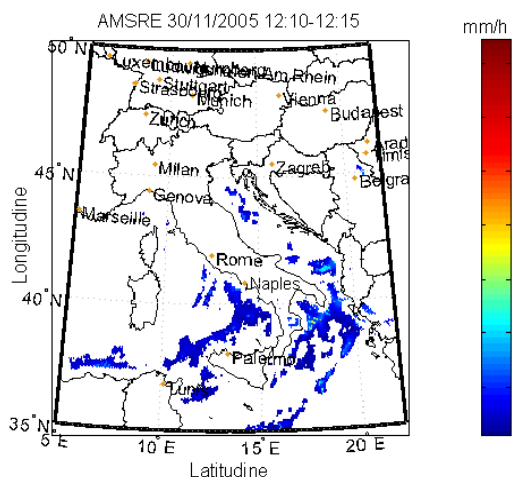


Figura 1: Esempio di mappa di intensità di precipitazione rilevata il 30 Novembre 2005 alle ore 12:10 – 12:15 dal sensore AMSR-E.

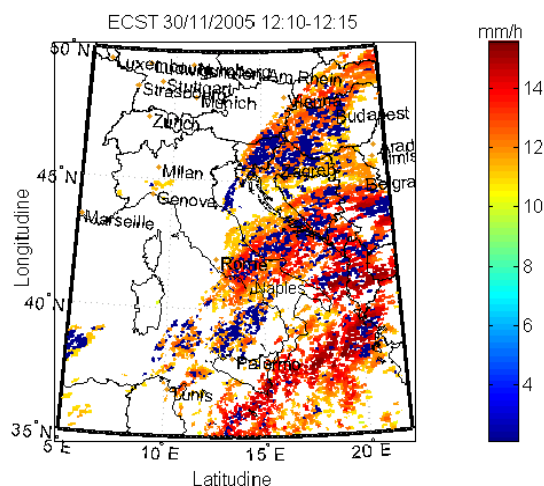


Figura 2: Esempio di mappa di intensità di precipitazione rilevata il 30 Novembre 2005 alle ore 12:10 – 12:15 dal sensore MODIS applicando l'algoritmo ECST.

Come risulta evidente, la zona di pioggia rilevata dal MODIS risulta essere più ampia rispetto a quella del sensore a microonde. Si è proceduto quindi a verificare alcuni pixel di terra della figura 2, che non compaiono in figura 1, avvalendosi delle informazioni di pioggia riportate in archivio [10]. La verifica su 55 pixel, confermano che 52 dei pixel sono correttamente indicati come precipitativi dal MODIS, a differenza di quanto riportato dai dati forniti dal sito dell'AMSR-E che invece rilevano assenza di pioggia. Ovviamente una più ampia disponibilità di dati di pioggia rilevati a terra fornirebbe una verifica più capillare delle indicazioni fornite dalle mappe, ma sicuramente questi risultati preliminari risultano assai promettenti.

Ovviamente disponendo di misure da una rete di pluviometri, come nel caso del bacino del Trasimeno, tale analisi risulta più significativa. Su tale bacino, relativo ad un'area di circa 40 x 15 km, erano disponibili ogni mezz'ora dati da 7 pluviometri: è stato quindi calcolato un valore medio di intensità di precipitazione RR di bacino (mm/h), valore che è stato poi confrontato con i contemporanei risultati prodotti dall'ECST applicato al MODIS e con l'AMSR-E. Nonostante la RR di bacino sia calcolata a partire da un valore di pioggia accumulato in mezz'ora, mentre nel caso del MODIS e dell'AMSR-E si tratta di una grandezza istantanea, i risultati riportati in figura 3 e in figura 4 sono da ritenersi soddisfacenti per quanto riguarda la maggiore affidabilità dell'algoritmo ECST rispetto a quello dell'AMSR-E. Poiché l'intensità di precipitazione da pluviometro risulta ampiamente sottostimata a causa della bassa risoluzione spaziale e temporale, i risultati non sono soddisfacenti da un punto di vista quantitativo; comunque, da un punto di vista qualitativo, su 12 episodi precipitativi analizzati (individuati a Maggio

2004 e tra Maggio-Dicembre 2005) il MODIS individua sempre presenza di pioggia sul bacino, mentre l'AMSR-E fallisce in 6 casi.

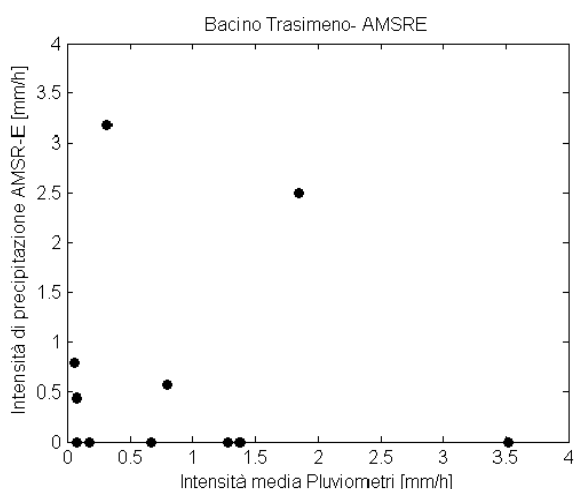


Figura 3: Intensità di precipitazione rilevata in 11 episodi dal sensore AMSR-E e confrontata con la intensità media nel bacino del Trasimeno.

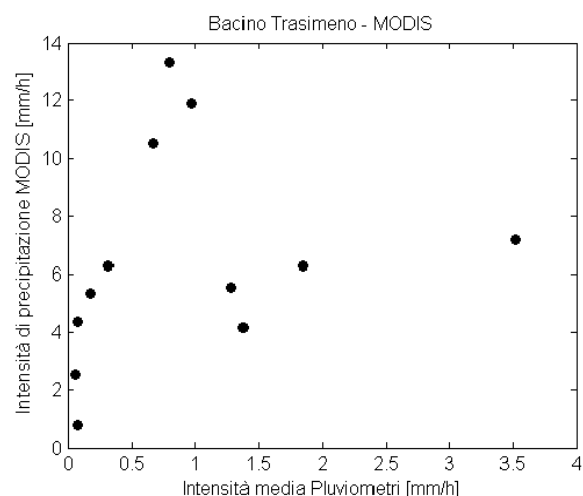


Figura 4: Intensità di precipitazione rilevata in 12 episodi dal sensore MODIS applicando l'algoritmo ECST e confrontata con la intensità media nel bacino del Trasimeno.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] <http://nsidc.org/data/amsre/order.html>
- [2] C. Reudenbach, G. Heinemann, E. Heuel, J. Bendix, M. Winiger, "Investigation of summertime convective rainfall in Western Europe based on a synergy of remote sensing data and numerical models", *Meteorol. Atmos. Phys.* 76, pp. 23-41, 2001.
- [3] [http://eosps0.gsfc.nasa.gov/ftp\\_docs/Aqua\\_brochure.pdf](http://eosps0.gsfc.nasa.gov/ftp_docs/Aqua_brochure.pdf).
- [4] C. L. Parkinson "Aqua: An Earth-Observing Satellite Mission to Examine Water and Other Climate Variables", *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 41, pp. 173-183, 2003.
- [5] <http://modis.gsfc.nasa.gov/>
- [6] R. R. Ferraro and G. Marks, "Special sensor microwave Imager derived global rainfall estimates for climatological applications", *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 12, pp. 755-770, 1995.
- [7] C. Kummerow, Y. Hong, W.S. Olson, S. Yang, R.F. Adler, J. McCollum, R. Ferraro, G. Petty and T.T. Wilheit, "The Evolution of the Goddard Profiling Algorithm (GPROF) for Rainfall Estimation from Passive Microwave Sensors", *J. Appl. Meteorol.*, 40, pp. 1801-1820, 2001.
- [8] J. McCollum, R. R. Ferraro, "Next Generation of NOAA/NESDIS TMI, SSM/I, and AMSR-E microwave land rainfall algorithms", *J. Geophys. Res.*, Atmospheres 108(D8), 2003.
- [9] Levizzani V., F. Porcù, F. S. Marzano, A. Mugnai, E. A. Smith, F. Prodi, "Investigating a SSM/I microwave algorithm to calibrate Meteosat infrared instantaneous rainrate estimates", *Meteorol. Appl.*, 3, pp. 5-17, 1996.
- [10] Weather underground: <http://www.weatherunderground.com/>