

Integrazione di dati satellitari e pluviometrici per l'identificazione degli eventi alluvionali in paesi in via di sviluppo

Andrea Ajmar, Adriana Albanese, Franca Disabato

(*) ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action),
Via Pier Carlo Boggio 61, 10138 Torino, Tel. 011/1975.1852,
andrea.ajmar@ithaca.polito.it, adriana.albanese@polito.it, franca.disabato@ithaca.polito.it

Riassunto

La ricerca oggetto del presente contributo si inserisce nell'ambito delle attività svolte da ITHACA a supporto del Programma Alimentare Mondiale (PAM), la maggiore Agenzia operativa delle Nazioni Unite, nell'ambito della gestione di emergenze ambientali nei paesi in via di sviluppo. In particolare, l'obiettivo dello studio è l'identificazione di eventi alluvionali per mezzo del confronto e dell'integrazione di due metodologie basate su principi differenti: la prima basata sull'identificazione di anomalie nelle precipitazioni attraverso l'analisi di dati pluviometrici e la seconda incentrata sull'analisi di dati telerilevati per il riconoscimento degli effetti a terra degli eventi alluvionali.

I dati di precipitazione, derivanti dalle misure delle stazioni pluviometriche locali, costituiscono una serie storica di almeno 30 anni di dati giornalieri. La metodologia di analisi consiste nella valutazione dei valori massimi di precipitazione, tramite la determinazione delle curve di possibilità pluviometrica.

I dati telerilevati utilizzati sono derivati dalla classificazione automatica di un archivio storico di 10 anni di immagini giornaliere acquisite dai sensori MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). La metodologia proposta è basata sull'estrazione automatica degli eventi in base all'estensione delle aree ricoperte da acqua.

L'utilizzo integrato di queste due metodologie permette di affrontare la tematica delle alluvioni con un approccio rivolto sia alle cause sia agli effetti sul territorio, fornendo una visione d'insieme dell'evento calamitoso per il supporto alla gestione delle emergenze.

Abstract

The research object of the following article is part of the activities developed by ITHACA in support of the WFP (World Food Programme), the main operative agency of the United Nations, in the field of environmental emergencies management in developing countries.

In particular, the aim of the study is to identify flood events by comparing and integrating two methodologies based on different principles: the first one is based on the identification of precipitation anomalies by the means of the analysis of pluviometric data, the second one is centered on the analysis on remote sensed data for the detection of ground effects of flood events.

Precipitation data, which are derived from the measurements of local pluviometric stations, have a time series of at least 30 years of daily precipitation data. The methodology of analysis consists in the estimate of the maximum precipitation values, by defining the Depth Duration Frequency (DDF) curves.

The remote sensed data which have been used are derived from the automatic classification of a 10-years historical archive of daily images acquired by the MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) sensors. The proposed methodology is based on the automatic extraction of the events according to the extension of the areas covered by water.

The integrated use of these two methodologies allows to face the theme of floods with an approach oriented both to the causes and to the effects on the soil, allowing an overview of the calamitous event for the support to emergency management.

Introduzione

Il lavoro illustra la metodologia utilizzata per l'identificazione degli eventi critici di precipitazione, tramite l'elaborazione dei dati di pioggia e la metodologia per il riconoscimento degli effetti a terra degli eventi alluvionali, a partire dai dati telerilevati. L'attività s'inserisce nel contesto dell'incarico che il Programma Alimentare Mondiale (PAM) delle Nazioni Unite ha assegnato all'associazione ITHACA, per lo studio degli eventi alluvionali in Etiopia. La prima parte del presente lavoro descrive separatamente le due metodologie e la seconda parte riporta considerazioni riguardo l'integrazione dei due metodi.

Identificazione di anomalie nelle precipitazioni

Per l'identificazione delle anomalie di precipitazione sono stati utilizzati metodi statistici di analisi delle serie dei massimi annui di pioggia.

Le elaborazioni sono state finalizzate all'individuazione, per ogni stazione di cui si ha disponibilità di una serie di dati, della relazione che lega l'altezza di precipitazione h alla durata d e al tempo di ritorno T , relazione nota in idrologia come curva di possibilità pluviometrica, esprimibile nella forma:

$$h = a \cdot t^n \quad [1]$$

in cui i parametri a e n , funzioni di T , sono da stimare sulla base delle serie storiche dei massimi annuali delle altezze di precipitazione per diverse durate (1, 2, 3, ..., n giorni).

Il tempo di ritorno esprime il grado di rarità di un evento ed è il tempo medio di attesa tra il verificarsi di due eventi successivi, essendo il numero di anni in cui mediamente l'evento viene superato una volta sola; è legato alla probabilità di non superamento P dalla relazione:

$$T = \frac{1}{1-P} \quad [2]$$

Per regolarizzare i dati sono state utilizzate le distribuzioni di probabilità Log-normale, GEV (Generalized Extreme Value) e Gumbel, il cui uso è molto diffuso per le serie idrologiche dei valori estremi (Maidment, 1993; Maione, Moisello, 2003). Per la costruzione delle curve di possibilità pluviometrica è stata utilizzata la distribuzione, tra le tre proposte, che meglio regolarizza ciascuna serie di dati analizzata; la scelta è stata effettuata sulla base dei risultati ottenuti dall'applicazione di opportuni test statistici (test di Kolmogorov e di Pearson).

Dopo aver definito le curve di possibilità pluviometrica, per ciascuna località sono state individuate le anomalie di precipitazione, selezionando gli eventi di precipitazione che superano un certo tempo di ritorno.

La metodologia descritta è stata applicata per lo studio delle serie pluviometriche registrate dal *National Meteorological Agency (NMA) of Ethiopia* (<http://www.ethiomet.gov.et>). I dati disponibili sono misure giornaliere riferite a 26 stazioni di misura, di cui quella con la serie storica più lunga è attiva dal 1951; la lunghezza delle singole serie risulta sempre essere superiore a un trentennio, coprendo quindi un periodo idoneo per eseguire elaborazioni statistiche.

L'analisi delle serie di dati mostra l'esistenza di un regime di precipitazione caratterizzato da un andamento bimodale, costituito da due massimi di pioggia, il principale dei quali si verifica nel periodo luglio – settembre (Figura 1).

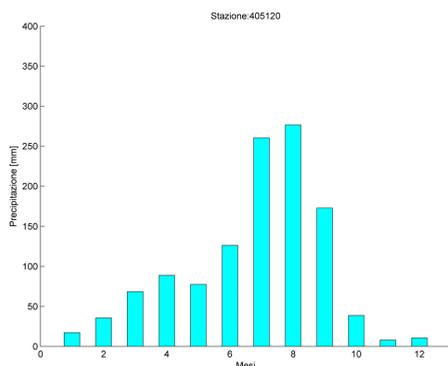


Figura 1 – Regime di precipitazione per una delle stazioni dell’area di studio, localizzata ad Addis Abeba.

L’applicazione della metodologia ha dimostrato che le serie analizzate mostrano un miglior adattamento alla distribuzione GEV; utilizzando questa distribuzione sono state calcolate le curve di possibilità pluviometrica per durate di pioggia da 1 a 10 giorni e per tempi di ritorno di 10, 20, 50 e 100 anni (Figura 2).

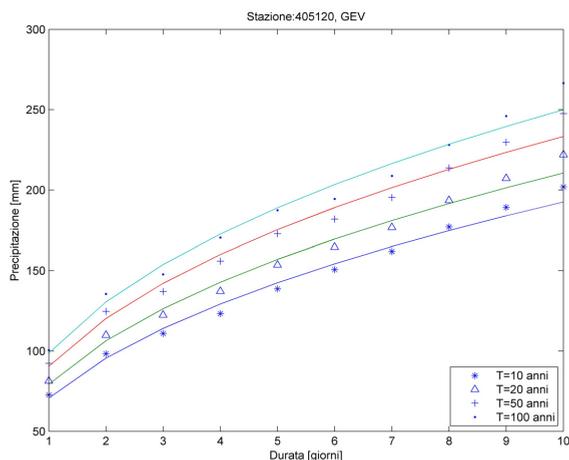


Figura 2 – Curve di possibilità pluviometrica per diversi tempi di ritorno. L’esempio si riferisce alla località Addis Abeba.

Gli eventi di maggior rilievo sono stati individuati selezionando le precipitazioni aventi un tempo di ritorno superiore a due anni, escludendo così gli eventi alluvionali che ricorrono ogni anno nella stagione delle piogge compresa tra luglio e settembre.

Classificazione delle immagini

Per la determinazione delle aree si è scelto di utilizzare dati derivati dal sensore MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), i quali garantiscono giornalmente da febbraio 2000 ad oggi una copertura globale con una risoluzione geometrica che permette di effettuare analisi a scala regionale.

In particolare per la procedura di classificazione sono stati utilizzati dati di riflettività corretti dagli effetti dell'atmosfera (i prodotti MOD09GQ e MYD09GQ - MODIS/Terra e Aqua *Surface Reflectance Daily L2G Global 250m SIN Grid*).

Per l'estrazione delle aree coperte da acqua è stata utilizzata una procedura automatica, che prevede una classificazione automatica delle aree ricoperte da acqua su base giornaliera e la composizione temporale dei dati per periodi di 10 giorni, in modo da sopperire alla mancanza di dati dovuta alla presenza delle nubi e ovviare agli errori dovuti all'errata classificazione come corpi idrici delle ombre (la procedura di classificazione è descritta in modo completo in Disabato, 2008 e Ajmar et al,2010.).

La procedura citata è stata testata ad oggi per l'area del Bangladesh e del Mozambico, mentre per l'area dell'Etiopia è tuttora in fase di validazione. L'Etiopia presenta infatti caratteristiche morfologiche differenti dalle altre aree di test e la persistenza delle ombre causa errori anche nel prodotto successivo alla composizione temporale.

Per l'utilizzo descritto in questo articolo, la classificazione giornaliera dei corpi idrici per la regione dell'Etiopia è stata effettuata per mezzo di soglie sulla banda dell'infrarosso e sull'indice NDVI. I dati sono stati aggregati per decenni (10 giorni) e il risultato è un'immagine contenente una classificazione a 3 classi rappresentative della situazione a terra durante l'arco temporale considerato: corpi idrici, suolo, nubi (Figura 3).

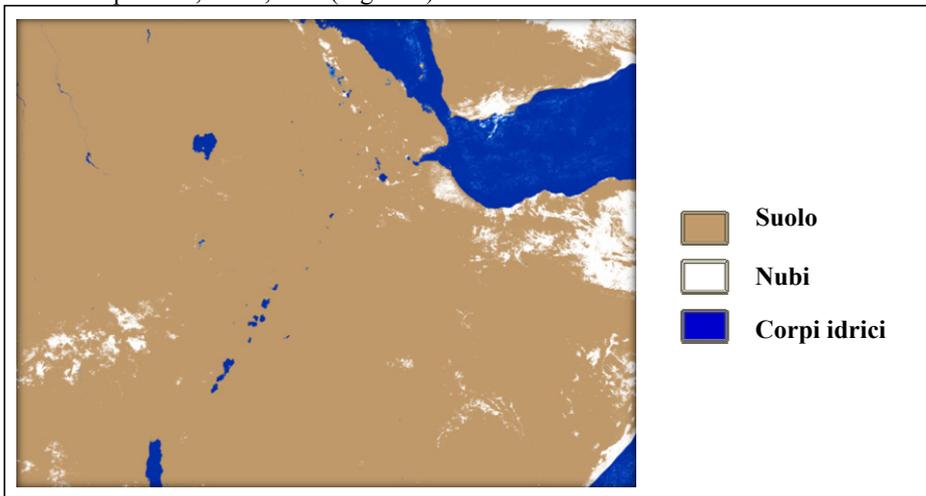


Figura 3– Classificazione decadale del suolo utilizzata per l'analisi degli eventi.

Integrazione tra le due metodologie

L'integrazione delle due metodologie ha richiesto l'individuazione dell'area a cui estendere i risultati ottenuti dall'individuazione delle anomalie di precipitazione.

A tal fine, è stato applicato il metodo dei topoi o dei poligoni di Thiessen, che definisce l'area d'influenza di ogni pluviometro, considerando lineare la variazione delle precipitazioni tra due stazioni adiacenti (Figura 4). L'area di studio risultata suddivisa in 26 poligoni, in ciascuno dei quali sono stati estesi i risultati delle anomalie di precipitazione calcolate per la serie di misure registrate dal pluviometro contenuto al suo interno. Con la finalità di integrare i risultati ottenuti dalle due metodologie tra di loro, gli eventi di precipitazione sono stati aggregati per decenni.

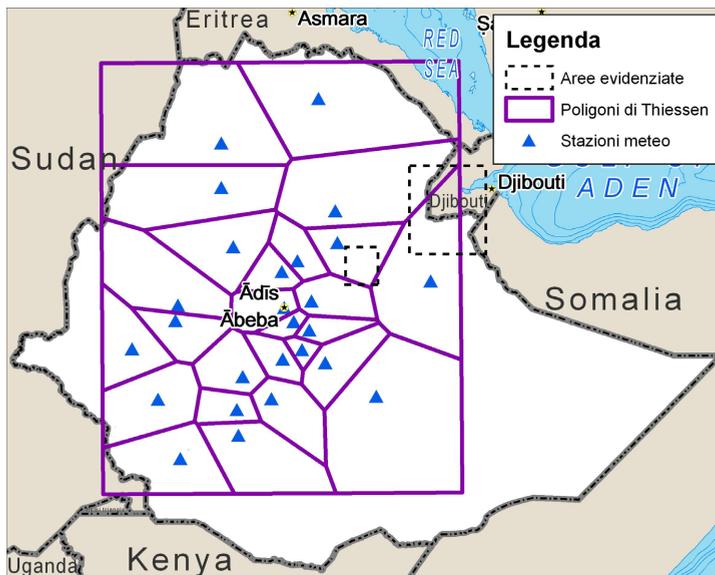


Figura 4 – Suddivisione dell'area di studio in poligoni di Thiessen, in base alla localizzazione delle stazioni pluviometriche. Le aree in tratteggio si riferiscono alle porzioni di territorio rappresentate nelle figure 5 e 6.

Risultati e conclusioni

Uno degli obiettivi dell'analisi era di verificare i casi in cui gli eventi di pioggia intensa generano eventi rilevabili sul territorio. Partendo dalla lista degli eventi di maggior rilievo, individuati dall'analisi dei dati di precipitazione, sono stati ricercati i casi in cui, confrontando la classificazione nelle 3 decadi a cavallo di quella in cui ricade l'evento (quella precedente, quella dell'evento e quella successiva), si evidenzia un aumento delle aree ricoperte da acqua. Al fine di minimizzare le conseguenze legate alla copertura nuvolosa, il calcolo della superficie dei corpi idrici per ciascuna decade è stato normalizzato in funzione dell'estensione dell'area delle nubi.

Questa metodologia ha consentito di evidenziare i casi in cui, a seguito di un evento, si è verificato un effettivo aumento delle aree classificate come acqua. La Figura 5 e la Figura 6 costituiscono esemplificazioni di tale rapporto di consequenzialità; in entrambi i casi le precipitazioni hanno un tempo di ritorno di circa 4 anni.

Nel caso di studio dell'Etiopia questa relazione tra eventi ed effetti al suolo non è sistematicamente riscontrabile a causa delle peculiarità morfologiche (il reticolato idrografico è caratterizzato da aste con una larghezza inferiore o comparabile alla risoluzione geometrica del sensore ottico di MODIS) e della persistente copertura nuvolosa. Successivi sviluppi prevedono l'applicazione della medesima metodologia in altri ambiti territoriali con diverse caratteristiche.

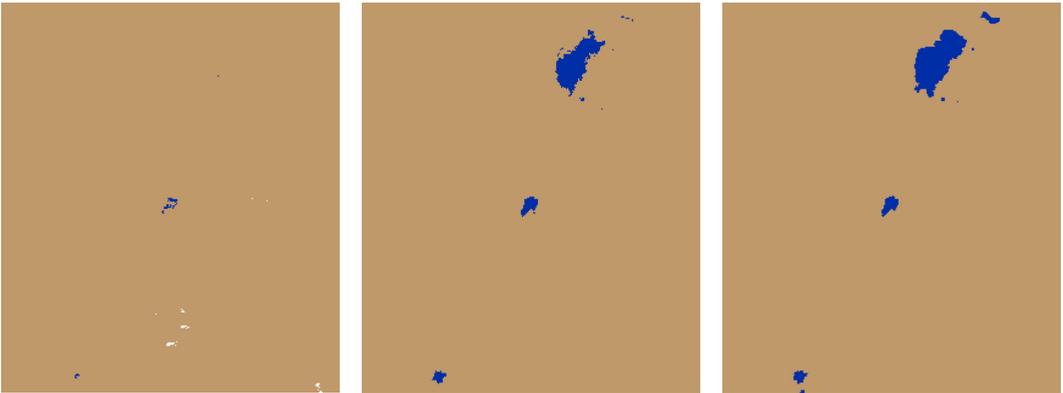


Figura 5 – Evento della seconda decade di agosto del 2002: classificazione nella decade pre-evento (sinistra), corrispondente all'evento (centro) e successiva all'evento (destra).

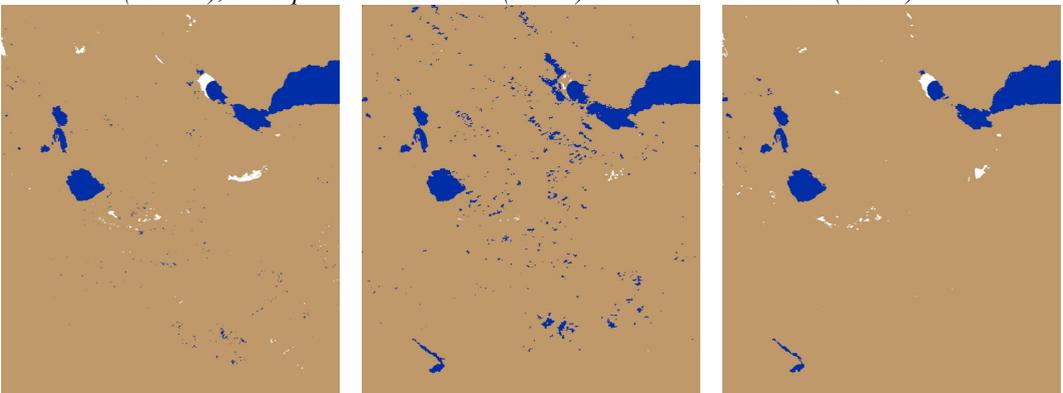


Figura 6 – Evento della prima decade di aprile del 2006: classificazione nella decade pre-evento (sinistra), corrispondente all'evento (centro) e successiva all'evento (destra).

Si ringraziano il *National Meteorological Agency (NMA) of Ethiopia* e il Programma Alimentare Mondiale (PAM), che hanno reso possibile l'ottenimento dei dati di precipitazione, e il *Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC)* che ha consentito l'accesso all'archivio dei dati MODIS.

Bibliografia

- Ajmar A., Boccardo P., Disabato F., Giulio Tonolo F.(2010). “Near real time flood monitoring tool”, *Proceedings of the Gi4DM 2010 Conference, Torino, 2-4 febbraio 2010*.
- Disabato F. (2008), “Classificazione automatica di aree alluvionate”. In: ASITA 2008. L'AQUILA, 21-24 ottobre 2008
- Maidment D.R. (1993), *Handbook of hydrology*, McGraw Hill, New York.
- Maione U., Moisello U. (2003). *Elementi di statistica per l'idrologia*, La Goliardica Pavese s.r.l., Pavia.