

## CLASSIFICAZIONE AUTOMATICA DI AREE ALLUVIONATE

Franca DISABATO

DITAG - Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10135 Torino,  
Tel. 011.1975.1872, franca.disabato@polito.it

### **Riassunto**

Questo articolo intende illustrare una procedura di classificazione automatica di immagini satellitari creata all'interno di ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action), un centro di ricerca, che tra le sue attività si occupa di fornire supporto tecnologico nel caso di emergenze ambientali al WFP (World Food Programme), la maggiore Agenzia operativa delle Nazioni Unite. In particolare la procedura presentata potrà creare un archivio storico a piccola scala di aree alluvionate per un sistema di pre-allerta per alluvioni, il quale, una volta individuata una possibile alluvione in un'area, potrà fornire degli scenari di aree storicamente esondate agli utenti delle Nazioni Unite. Viene infine riportato un esempio di applicazione di tale procedura per il caso dell'alluvione in Mozambico tra dicembre 2007 e febbraio 2008.

### **Abstract**

*This paper aims to introduce an automated procedure for the classification of satellite images. This procedure has been created inside the centre of research ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action), which, among its activities, is involved in the technological support to the WFP (World Food Programme), the bigger Agency of the United Nations, in case of environmental emergencies. In particular this procedure will be able to create a small scale historical archive for an early warning system for flood events. This system, after detecting a flood event in an area, will be able to provide the sceneries of historical flooded areas to the United Nation users. The application of this procedure for Mozambique flood event (December 2007-February 2008) is described as example.*

### **Introduzione**

All'interno del centro di ricerca ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance Cooperation and Action) è stato sviluppato un sistema globale di pre-allerta per eventi alluvionali. La funzione di questo sistema è di indicare agli utenti del WFP (World Food Programme), con anticipo sull'evento alluvionale, dove e quando sono previste le alluvioni e inoltre fornire in prima approssimazione le aree che potrebbero essere allagate (vedi Albanese et al., 2008).

La procedura che verrà illustrata in questo articolo intende produrre quest'ultima informazione, creando un archivio di aree storicamente alluvionate con estensione globale. In particolare, per essere cautelativi, è stato deciso di individuare la maggiore area che in eventi passati è risultata allagata in conseguenza di un evento alluvionale.

### **Metodologia**

Per provvedere un'informazione sull'estensione maggiore di aree alluvionate, è stato deciso di elaborare una procedura il più automatica possibile, che, ricevendo come dati di base dati satellitari MODIS, li elabori, classifichi e restituisca i vettoriali delle aree esondate per ciascun evento di interesse.

Dal momento che la presenza di nubi costituisce un forte limite per la determinazione delle aree alluvionate, è stato deciso di prendere in considerazione un arco temporale piuttosto ampio, il quale

permetta di ottenere un'informazione libera dalla presenza di nubi per ogni pixel dell'area di interesse. A seconda della durata delle precipitazioni si scelgono archi temporali differenti, in genere si parte dall'inizio delle forti precipitazioni per arrivare ad almeno 7 giorni dopo la fine delle precipitazioni stesse. Il vettoriale dell'area alluvionata di massima estensione deriva dall'elaborazione di una sintesi dell'informazione ricavata dalle immagini appartenenti all'arco temporale prestabilito. Per ottenere questa sintesi si svolge una fase di pre-elaborazione dei dati di base, in cui i dati vengono portati al sistema di riferimento prescelto e mascherati dalle coperture nuvolose. Nella seconda fase avviene la classificazione delle immagini mascherate e la composizione sintesi vera e propria, in cui vengono combinati i dati ottenuti ed estratti i vettoriali delle aree alluvionate (vedi Figura 1).

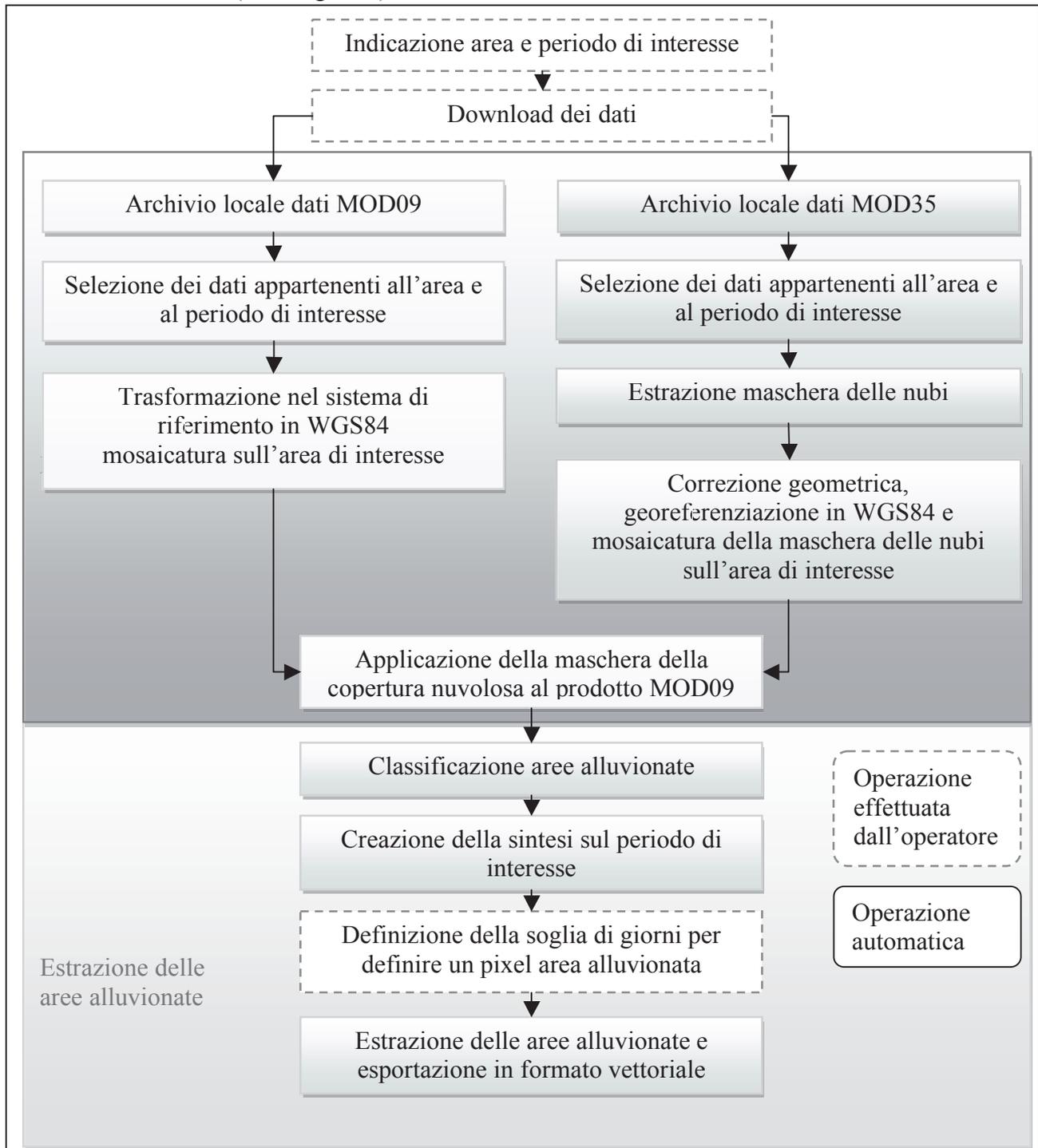


Figura 1 - Schema della metodologia applicata per l'estrazione delle aree alluvionate

La procedura è stata sviluppata in ambiente IDL (Interactive Data Language), che consente un buon grado di automazione ed una facile gestione dei dati satellitari grazie alla presenza di opportune routine scritte in IDL e disponibili all'interno del *software* ENVI.

### Dati utilizzati

Per la determinazione delle aree si è scelto di utilizzare immagini e prodotti provenienti dal sensore MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), i quali garantiscono giornalmente una copertura globale con una risoluzione geometrica che permette di effettuare analisi a scala regionale.

In particolare per la procedura di classificazione si è scelto di utilizzare dati di riflettività che fossero corretti dagli effetti dell'atmosfera (i prodotti MOD09GQK e MOD09GQ - MODIS/Terra *Surface Reflectance Daily L2G Global 250m SIN Grid*) e un prodotto che permettesse di individuare le aree coperte da nubi, consentendo di ovviare al problema dovuto alla presenza di coperture nuvolose in corrispondenza di eventi alluvionali (prodotto MOD35, MODIS Cloud Mask product).

I dati MOD09GQK (dal 2000 al 2004) e MOD09GQ (dal 2004 ad oggi) forniscono una stima della riflettanza corretta dagli effetti di assorbimento e diffusione dell'atmosfera terrestre su due bande (infrarosso e rosso) con una risoluzione geometrica di 250 m. Tali proprietà permettono di creare un primo archivio su scala regionale.

Il dato è disponibile nel formato *grid* (vedi Figura 2). a partire dal 24/02/2000. Il vantaggio di questo formato è la facile individuazione del file corrispondente all'area di interesse: questa caratteristica consente infatti la ricerca automatica sul sito ftp (<ftp://e4ftl01u.ecs.nasa.gov/MOLT/>) dove sono conservati i dati più recenti. I dati meno aggiornati devono essere richiesti tramite il portale WIST ( Warehouse Inventory Search Tool), che permette di effettuare una ricerca del prodotto MODIS desiderato per area e periodo di interesse

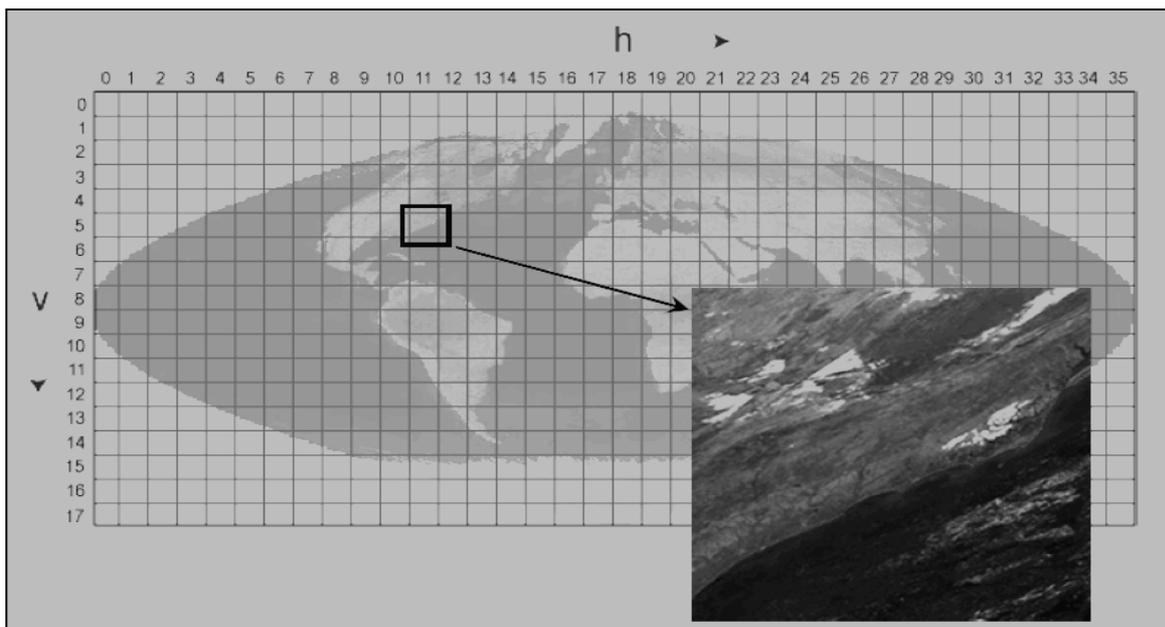


Figura 2 – Il formato GRID del prodotto MOD09

Il prodotto MOD35 fornisce un'indicazione sullo stato delle nubi e del suolo con una risoluzione geometrica che va da 250 m a 1 km. Questo dato presenta il vantaggio di indicare, a parte le aree della superficie terrestre ricoperte da nubi, la presenza di cirri, difficilmente individuabili nelle bande del rosso e nell'infrarosso presenti nel prodotto mod09. Il prodotto è fornito in un formato detto *swath*, il quale corrisponde a 5 minuti di acquisizione del sensore e non è corretto dalle distorsioni dovute alle geometria di acquisizione.

Il prodotto MOD35 contiene sei bande, in ciascuna di esse i bit (singolarmente o a gruppi), le cui combinazioni definiscono il *Digital Number (DN)* di ogni pixel, forniscono un'informazione differente sulle condizioni delle nubi e sulle caratteristiche del pixel a terra (vedi esempio in Figura 2).

Da questo prodotto si possono quindi estrarre differenti informazioni riguardo le coperture nuvolose a seconda delle esigenze. In Figura 4 è mostrata una possibile maschera derivata dalla tabella esposta in Figura 3. In particolare, per la procedura qui descritta, è stato considerato nube tutto ciò che risultasse certamente o probabilmente nuvoloso (questa indicazione include anche la presenza di cirri, vedi Ackerman et al., 2006), in modo da ottenere una maschera cautelativa delle coperture nuvolose.

Cloud_Mask Bit-Field Interpretation		
Byte #0 (1km Cloud Mask & Processing Path Flags)		
Bits	Field Description	Bit Interpretation Key
0	Cloud Mask Flag	0 = Not Determined 1 = Determined
1-2	Unobstructed FOV Quality Flag	0 = Confident Cloudy 1 = Probably Cloudy 2 = Probably Clear 3 = Confident Clear
3	Day/Night Flag	0 = Night 1 = Day
4	Sunglint Flag	0 = Yes 1 = No
5	Snow/Ice Background Flag	0 = Yes 1 = No
6-7	Land/Water Background Flag	0=Water 1=Coastal 2=Desert 3=Land

Figura 3 - tabella di interpretazione della prima banda del prodotto MOD35

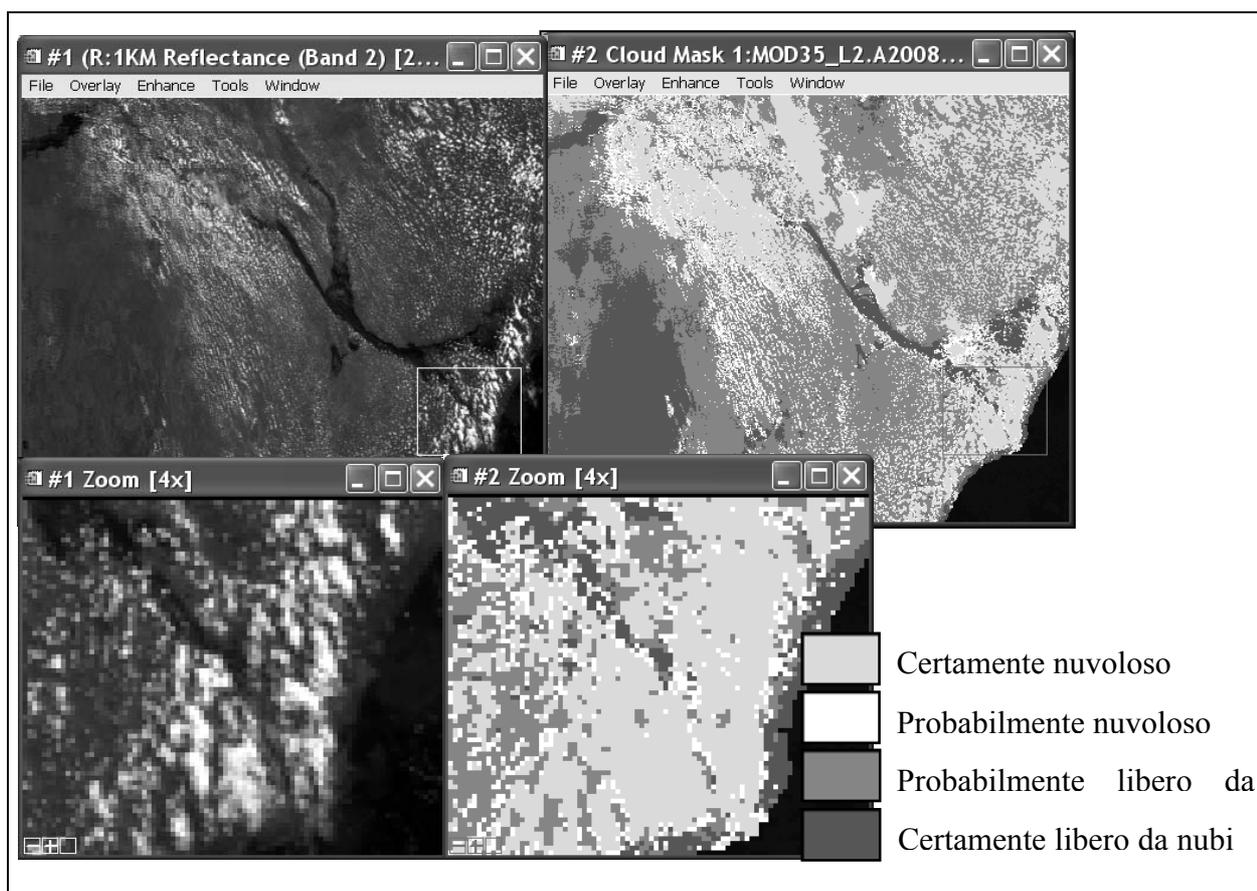


Figura 4 – Esempio di maschera delle nubi estraibile dal prodotto MOD35. Sulla sinistra una sintesi in falsi colori (IR,RED, RED) del prodotto MOD09 con risoluzione 1 km, sulla destra la corrispondente maschera estratta dal prodotto MOD35

### **Pre-elaborazione dei dati**

Prima di procedere al mascheramento delle aree nuvolose è necessario riportare i dati MOD09 e la maschera delle nubi ricavata dal prodotto MOD35 allo stesso sistema di riferimento e alla stessa risoluzione spaziale per mezzo di opportune correzioni geometriche. Entrambi i file sono trasformati nel sistema di riferimento geografico WGS84, che risulta ottimale per la necessità di un archivio a copertura globale.

Per mosaicare più immagini MODIS MOD09 appartenenti all'area di interesse e per riportare il MOD09 al sistema WGS84 viene richiamata all'interno della procedura globale la versione batch del software MRT Tool, prodotto proposto dal distributore dei dati MODIS (Land Processes Distributed Active Archive Center-DAAC) per mosaicare e riproiettare i dati in formato *grid*.

Dal momento che gli strumenti disponibili per la correzione geometrica del file MOD35 effettuano medie dei valori nella fase di correzione geometrica, si avrebbe una perdita consistente dell'informazione contenuta nel file. Per questo motivo è stato deciso di utilizzare una routine completamente automatica già testata (Boccardo P. et al., 2006) che consente di non perdere alcuna componente informativa, grazie al tipo di ricampionamento *Nearest Neighbour* sia nella fase di correzione dall'effetto di *bow-tie* (una distorsione geometrica dovuta alla geometria di acquisizione del sensore) che nella fase di georeferenziazione. Per ogni giorno dell'arco di tempo considerato, questa routine seleziona i dati MOD35 che sono compresi nell'area di interesse in un archivio locale (creato o per scaricamento dei dati dal sito ftp o per richiesta al portale WIST), li corregge geometricamente uno alla volta ed infine compone il mosaico sull'area di interesse. Una volta riportati i due prodotti allo stesso sistema di riferimento, è possibile mascherare i dati di riflettività dalle coperture nuvolose. Questa operazione viene effettuata tramite un'apposita routine disponibile in ENVI.

### **Determinazione delle aree alluvionate**

In questa fase le immagini giornaliere mascherate dall'effetto delle nubi sono classificate e vengono estratte le aree esondate durante l'alluvione in modo quasi totalmente automatico.

La classificazione delle immagini giornaliere avviene per mezzo di una soglia nella banda dell'infrarosso (si può utilizzare una che spazia tra il 15% e il 20%). Il problema di questo tipo di classificazione è che valori di riflettività inferiori alla soglia massima potrebbero corrispondere, a parte alla presenza di acqua sul pixel in analisi, anche alla presenza di ombre dovute alle nubi.

Si è quindi deciso di produrre una sintesi contando il numero di volte che un pixel risulta coperto da acqua secondo i criteri prima citati. Dal momento che la probabilità che un pixel ricada sotto l'ombra di una nube per più giorni è molto limitata, viene classificato come alluvionato tutto ciò che risulti coperto da acqua per una soglia minima di giorni definita in base alla durata dell'arco temporale prestabilito (questa parte non è stata ancora completamente automatizzata).

Le aree alluvionate così individuate sono esportate in formato vettoriale tramite un'apposita routine disponibile in ENVI.

### **Risultati: il caso dell'alluvione in Mozambico**

La procedura è stata testata per il caso della seconda parte dell'alluvione in Mozambico avvenuta tra dicembre 2007 e febbraio 2008 (la fine delle forti precipitazioni è stata registrata intorno al 20/02/08). In questo caso è stato preso in considerazione un periodo di tempo di 43 giorni, che va dal 15 gennaio al 28 febbraio 2008. I dati MOD09 e MOD35 relativi all'arco temporale di interesse sono stati scaricati attraverso il portale WIST dall'operatore, il quale ha successivamente definito quante volte un pixel dovesse risultare coperto da acqua per poter essere definito area alluvionata (2 giorni). Eseguite queste operazioni, la procedura è stata in grado di produrre i vettoriali delle aree alluvionate. I risultati di questo tipo di classificazione sono stati confrontati con i risultati di una classificazione supervisionata Maximum Likelihood corretta poi per fotointerpretazione su un'immagine che nel periodo considerato risultava abbastanza sgombra da nubi (6 febbraio 2008).

In Figura 5 sono riportati a confronto i risultati delle due diverse classificazioni. Dalla tabella riportata si può notare come le due classificazioni operino in modo simile. Si può notare come procedura automatica sovrastimi rispetto a quella assistita le aree alluvionate: questo effetto è in parte dovuto alla presenza di nubi sull'immagine classificata in modo assistito e in parte alla presenza di ombre nelle immagini classificate in modo automatico. La sottostima è invece dovuta al mascheramento delle immagini e all'imposizione della soglia di 2 giorni per ritenere un 'area alluvionata, in quanto qualche area alluvionata può risultare non coperta da nubi per meno di 2 giorni sull'arco temporale prestabilito. Considerando il grado di automazione, si può comunque ritenere la procedura proposta un buono strumento per una determinazione di massima delle aree alluvionate, richiesta per la generazione dell'archivio storico.



**Confronto dei risultati di classificazione ottenuti con i 2 metodi**

(classificazione assistita=A, classificazione automatica=B)

% delle aree classificate come alluvionate in B che sono state classificate come alluvionate anche in A	85%
Sovrastima delle aree alluvionate in B rispetto ad A	20%
Sottostima delle aree alluvionate in B rispetto ad A	13%

**Conclusioni e sviluppi futuri**

La procedura automatica si è rivelata essere un buono strumento per la creazione di un archivio storico di aree alluvionate in modo speditivo.

La procedura può essere migliorata rendendo automatici le fasi di scaricamento dati e di definizione delle soglie dei giorni per cui considerare un'area come alluvionata.

Inoltre c'è la possibilità di ripresentare il sistema elaborato in versione semplificata (senza il mascheramento delle nubi, che richiede una lunga elaborazione), in modo da fornire un'informazione immediata delle aree nel caso di emergenze alluvioni. In questo caso, essendo l'arco temporale più ridotto, saranno acquisite immagini prima dell'evento in modo da avere a disposizione delle aree già ricoperte d'acqua in precedenza (fiumi, laghi già esistenti).

**Bibliografia**

*Ackerman S., Strabala K., P. Menzel P., Frey R., C.Moeller C., Gumley L., B. Baum B., Wetzel Seemann S., H. Zhang H.*, Discriminating clear-sky from cloud with modis algorithm theoretical basis document (MOD35), Versione 5.0. Ottobre 2006

*Albanese A., Disabato F., Terzo O., Vigna R.*, in stampa."Approccio preliminare alla creazione di un sistema di pre-allerta per gli eventi alluvionali", XII Conferenza Nazionale ASITA. L'Aquila. 2008

*Boccardo P., Borgogno Mondino E., Disabato F., Giulio Tonolo F., Perez F., Sartori G.* "Utilizzo di dati MODIS per la gestione di emergenze." X Conferenza Nazionale ASITA. Bolzano. 2006