

APPROCCIO PRELIMINARE ALLA CREAZIONE DI UN SISTEMA DI PRE-ALLERTA PER GLI EVENTI ALLUVIONALI

Adriana ALBANESE (*), Franca DISABATO (*), Rossella VIGNA (*), Olivier TERZO (**)

(*) Dipartimento di Ingegneria del Territorio, dell'Ambiente e delle Geotecnologie – Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, Torino, Italy – (adriana.albanese, franca.disabato, rossella.vigna)@polito.it

(**) ISMB (Istituto Superiore Mario Boella), Via P.C. Boggio 61, Torino, Italy – terzo@ismb.it

Riassunto:

Lo scopo del progetto consiste nella messa a punto di un sistema di pre-allerta (*early warning*) di eventi alluvionali basato sull'analisi di dati spazio temporali di precipitazione messi in relazione a scenari d'evento passati, ottenuti tramite analisi di immagini satellitari, tendenzialmente a media risoluzione.

Il progetto nasce nell'ambito di ITHACA (*Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action*, www.ithaca.polito.it), la quale svolge gran parte delle sue attività di ricerca in stretta collaborazione con il WFP (*World Food Programme*), la maggiore agenzia operativa delle Nazioni Unite, fornendo soluzioni di carattere tecnico inerenti alla gestione delle emergenze a scala globale. Una delle richieste del WFP è quella di poter usufruire di un sistema previsionale di eventi meteorologici estremi in modo di avere in anticipo indicazioni sull'entità dell'alluvione, informazioni che risultano utili ai fini dell'intervento in luoghi dove un evento estremo causa solitamente crisi socio-economiche che si esprimono in termini di gravi danni e perdita di vite umane.

La metodologia adottata da ITHACA per la messa a punto di un sistema di questo tipo si basa sull'individuazione degli eventi critici di precipitazione su estensione mondiale con riferimento agli ultimi dieci anni e sulla valutazione dei relativi effetti sul territorio, con particolare attenzione alle aree coinvolte da esondazione dei corsi d'acqua. Le aree allagate sono state estratte dalle immagini satellitari, utilizzando idonee procedure di classificazione e analizzando gli aspetti geomorfologici definendo le aree potenzialmente inondabili. Differenti tipi di analisi, tra cui quella idrologica e statistica, sono state condotte a partire dai dati storici di precipitazione, definendo i dati di pioggia cumulata per ciascun evento alluvionale e analizzandone la correlazione con gli effetti prodotti sul territorio.

Il sistema di pre-allerta permette di monitorare i valori di pioggia in tempo reale, utilizzando dati di precipitazione satellitari provenienti dal satellite TRMM, di confrontarli con i dati storici archiviati nel data base, di produrre un'allerta al raggiungimento delle soglie di precipitazione critica e di estrarre in modo automatico una mappa dello scenario delle aree alluvionate, riferita ad un evento alluvionale del passato con simili valori di precipitazione.

Abstract:

The aim of the project is the development of an Early Warning system for flood events based on precipitation analysis and related to historical flooded area detection.

The recently change of Humanitarian International Agencies in the way to approach the emergency preparedness has lead UN (United Nations) system to create a tightened collaboration with different research centers, where ITHACA (Information Technology for Humanitarian Assistance, Cooperation and Action) is one of these, with the aim to find new suited technologies to support the interventions.

Could it be extremely useful mapping the risk scenarios and establishing a flood forecasting system in the so called LDCs (Less Developed Countries), where an extreme meteorological event usually

involves crisis on the local socio-economic order, in terms of huge damages and a very large number of displaced and died.

The methodology is based on the individuation of critical precipitation events in the last ten years on worldwide extent and the evaluation of related fields effects in terms of flooded areas; these will be extracted from satellite images using suitable classification procedures and analyzing geomorphological aspects to identify the potential floodable areas. Pluviometric thresholds, determined by different analysis (hydrological and statistical) executed on historical rainfall data, will be stored in a database structure where will be compared with real-time rainfall values. This Early Warning System allows to monitor near real time rainfall values creating an alert for critical values and producing a map with a flood scenario referred to the past event with similar rainfall field.

Dati utilizzati

Il sistema di Pre-Allerta si basa principalmente sull'analisi idrologica delle precipitazioni a scala di bacino, utilizzando come dati di pioggia il TRMM (*Tropical Rainfall Measuring Mission*) 3B42 e il TRMM 3B42RT, e come riferimento per i bacini idrografici il dato HYDRO1k Elevation Derivate Database, derivato dal GTOPO30.

Il 3B42 consiste in una combinazione di: dato da sensore passivo (*High Quality passive microwave estimates*), dato da sensore attivo (*Variable Rain Rate microwave-calibrated Infrared*) e dato da stazioni a terra; fornisce l'informazione di pioggia ogni 3 ore su una maglia di 0.25° x 0.25° di latitudine e longitudine, da 50° Sud a 50° Nord. Il 3B42 inizia ad essere disponibile a partire dal 1998 (Huffman et al., 1995). Non si tratta di un dato in *real time*, in quanto le informazioni derivate da satellite vengono confrontate e corrette tramite l'utilizzo del dato da stazione a terra (*Global Precipitation Climatology Project*), insieme al dato di precipitazione il 3B42 riporta la stima dell'RMS fra il valore osservato e il valore stimato.

Il 3B42RT consiste invece in un 'progetto' sperimentale finalizzato a fornire informazioni in tempo quasi reale tramite l'utilizzo di due prodotti (sperimentali) combinati: il 3B40RT (*Real Time High Quality passive microwave estimates*) e il 3B41RT (*Real Time Variable Rain Rate microwave calibrated infrared*). Anche questo dato viene fornito ogni tre ore e non rappresenta una pioggia cumulata ma un'intensità oraria (mm/hr). Il dato in *real time* non possiede correzioni pertanto sono state utilizzate tutte le osservazioni disponibili del 3B42RT (dal dicembre 2002 al presente) in modo da poter mettere a confronto i due dati dal 2002 al 2007 e trovare un fattore di correzione.

Il progetto di pre-allerta prende in considerazione 47 bacini di livello 1 (secondo la classificazione di utilizzata dall'HYDRO1k, <http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/>), suddivisi a loro volta in bacini di livello superiore 2-3-4-5-6. Il sistema lavora sui bacini idrografici di livello maggiore.

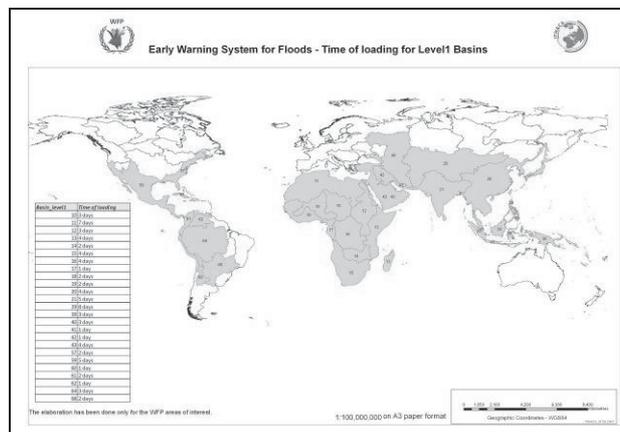


Figura 1 – Bacini monitorati dal sistema

Metodologia e sviluppo del progetto

Le due tipologie di dato precedentemente descritte devono essere trasformate dal formato nativo, in cui i valori di pioggia sono associati alla cella di 0.25° di lato, in un formato testuale (ascii) richiesto dall'architettura del database in cui questi vengono archiviati. Nella struttura del database utilizzato (Oracle 10g) è stato predisposto che i valori di pioggia vengano associati ad un'entità primaria denominata *geodb_id*, rappresentata dalla porzione di cella da 0.25° x 0.25° contenuta nel bacino idrografico di riferimento (vedi figura 2). Si è scelto inoltre di trasformare i valori di precipitazione (mm/hr) in valori di pioggia cumulata nelle tre ore. Sulla base di queste necessità sono state effettuate le seguenti trasformazioni:

- identificazione della collocazione temporale del dato in ingresso(anno, mese, giorno, ora);
- ricampionamento del dato di pioggia sulla base dei *geodb_id*;
- trasformazione del dato da intensità di pioggia a pioggia cumulata sulle tre ore;
- creazione del file Ascii strutturato in: identificatore di *geodb_id*, collocazione temporale (anno, mese, giorno, ora), valori di pioggia cumulata sulle tre ore provenienti dal 3B42 e dal 3B42RT.



Figura 2 – Gruppo di *geodb_id* appartenenti al bacino del Taedong (Nord Korea).

Le elaborazioni di trasformazione sono effettuate in IDL (Interactive Data Language), ambiente che consente un'efficiente elaborazione del dato in formato raster.

Una volta eseguite queste elaborazioni i dati sono stati caricati all'interno del database e, sfruttando le potenzialità di Oracle e del linguaggio sql, sono state calcolate le medie del valore di precipitazione cumulata a livello di bacino, ponderate sulla porzione di area di *geodb_id* contenuta nel bacino considerato, assumendo la precipitazione uniformemente distribuita sulla cella.

L'architettura del database è stata progettata secondo la metodologia del Data Warehouse (Golfarelli, Rizzi, 2002) sviluppata con schema a stella, ossia dove i dati multidimensionali vengono rappresentati attraverso il modello relazionale consistente in fact table e dimension table a essa collegate.

Sono stati definiti due livelli di aggregazione: uno a livello spaziale e uno a livello temporale. Il primo è definito attraverso anno, mese, giorno, 3h (il dato viene fornito ogni 3 ore) ed è stata creata una tabella denominata *time_ref table* con lo scopo di selezionare i dati per uno specifico periodo; il secondo invece è definito secondo le informazioni georeferenziate fornite dal processamento precedente del dato tramite IDL. E' stata creata una tabella *basin_ref table*, dove si è assegnato un identificatore per ogni *geodb_id*, connesso al bacino di appartenenza. E' possibile quindi eseguire queries a livello spaziale e temporale chiedendo di selezionare una specifica area per un determinato periodo. Ogni *geodb_id* possiede collegate una serie di informazioni: l'appartenza ad un continente, ad un bacino idrografico di livello 6, 5, 4, 3, 2, 1 l'area di *geodb_id* e un riferimento alla tabella contenente i valori di pioggia da 3B42 e 3B42RT.

Una volta definita l'architettura del sistema, il progetto si suddivide fondamentalmente in due parti:

- analisi idrologica dei dieci anni di dato di precipitazione con calcolo delle curve di possibilità pluviometrica per ogni bacino idrologico e calcolo delle piogge critiche;
- monitoraggio in *real time* della criticità della pioggia con relativa previsione di scenario alluvionale.

L'analisi idrologica consiste nella creazione della curve di possibilità pluviometrica, ossia nel mettere in relazione l'altezza di pioggia con la durata. Questa relazione si rappresenta con una curva che fornisce, per un assegnato valore di tempo di ritorno T, la relazione tra la durata della pioggia d e la relativa altezza di precipitazione h . Per individuare la curva di possibilità pluviometrica con accettabile approssimazione è necessario conoscere le altezze di precipitazione corrispondenti al tempo di ritorno fissato per un certo numero di durate diverse, opportunamente scelte sulla base delle caratteristiche del bacino idrografico. Per la costruzione della curva empirica di relazione tra altezza e durata sono stati calcolati, per ogni bacino idrografico, i massimi di pioggia annuali per le varie durate scelte; una volta identificati i valori massimi annuali sono state plottate le medie su dieci anni dei valori massimi calcolati (vedi figura 3).

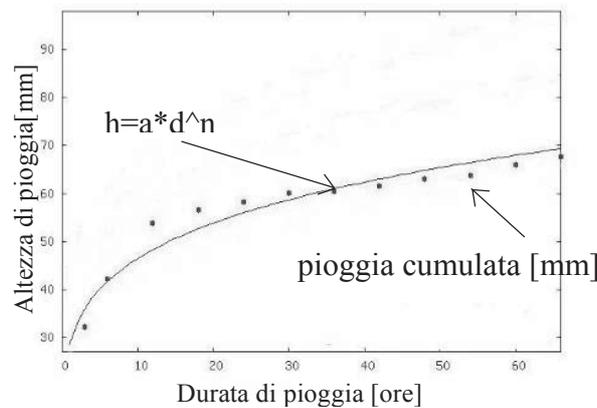


Figura 3 – Curva empirica delle medie calcolate su dieci anni dei massimi annuali per varie durate di precipitazione e curva di possibilità pluviometrica

L'interpolazione di questa curva è stata effettuata con l'espressione analitica

$$h(d) = a \cdot d^n \quad [1]$$

dove

h = altezza di precipitazione

d = durata di pioggia

a, n = coefficienti

E' stato calcolato inoltre il fattore di frequenza KT

$$KT = 1 - cv_m \cdot \left(0.45 + \left(\frac{\sqrt{6}}{\pi} \right) \log \left(\log \frac{returtime}{returtime - 1} \right) \right) \quad [2]$$

dove cv_m è la media dei coefficienti di variazione fra x e y . E' possibile applicare il fattore di frequenza KT all'espressione della curva in modo da ottenere le curve per tempi di ritorno di 2, 5, 10 anni:

$$h(d, tempodiritorno) = KT(tempodiritorno) a d^n \quad [3]$$

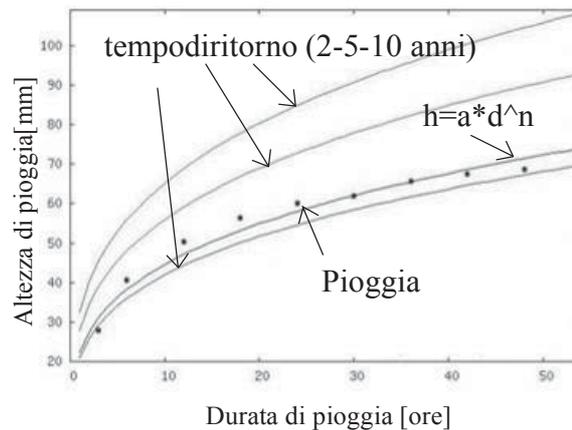


Figura 4 – Curve di possibilità pluviometrica ottenute con l'applicazione del fattore di frequenza KT

Una volta costruite le curve è possibile riprocessare le piogge sui dieci anni e individuare quelle critiche per il bacino idrografico d'interesse. Per farlo la procedura calcola la cumulata sulle durate stabilite e individua le eccedenze rispetto alla curva empirica dei massimi precedentemente calcolata.

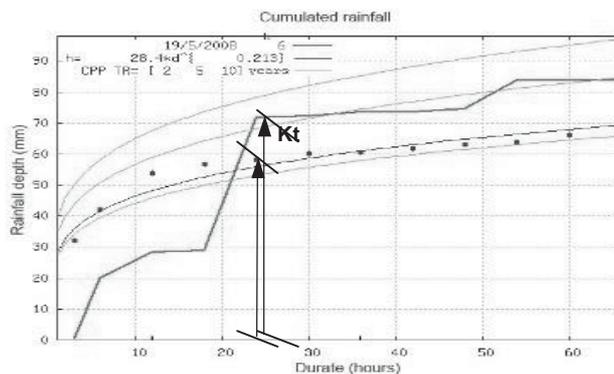


Figura 5 – Pioggie cumulate su diverse durate a confronto con le piogge massime calcolate su dieci anni.

La procedura permette di individuare gli eventi alluvionali in dieci anni di dati pluviometrici per ogni bacino idrografico di livello 6.

SERIE	ID	DATA	VALORE	AVANGAR	KT
2811440	2007	8	14	24	1,09
2811950	2007	9	14	8	1,1
2811960	2007	9	14	18,17	1,75
2811980	2007	9	20	15	1,62
2811430	2007	9	4	74	1,01
2811430	2007	8	1	52,12	1,2
2811430	2007	9	18	8,6	1
2811430	2007	9	18	10,66	1,35
2811350	2007	8	11	14,12	1,68
2811350	2007	8	10	32,3	1,93
2811310	2007	8	10	10,22	1,47
2811310	2007	8	10	10,22	1,47
2811310	2007	8	14	14,63	1,71
2811320	2007	8	10	10,95	1,14
2811340	2007	8	10	26	1,25
2811340	2007	8	8	22,9	1,35
2811340	2007	8	10	8,10	1,08
2811340	2007	8	18	6,42	1,01
2811340	2007	8	4	28,47	1,12
2812300	2007	8	1	7,08	1,14
2812300	2007	8	12	30,05	1,75
2812300	2007	8	20	13,32	1,45
2811410	2007	8	8	44,40	1,91
2811410	2007	8	8	44,40	1,91

Figura 6 – Tabella degli eventi storici, consultabile tramite queries sql spaziali e temporali (ambiente Oracle).

Lo sviluppo di questa prima parte del progetto permette di poter monitorare in *real time* le piogge a livello globale e poter individuare quando queste diventino critiche.

Questa possibilità viene associata inoltre ad un sistema di previsione di scenario basato su una procedura automatica di classificazione delle immagini satellitari a media risoluzione (Disabato, in stampa), la quale permette l'archiviazione in formato vettoriale degli scenari alluvionali legati agli eventi individuati.

Il sistema in *real time* (figura 8) utilizza il dato 3B42RT caricandolo originale nella struttura del database e provvedendo all'apporto di una correzione in fase di calcolo della media pesata sul bacino. Tale correzione viene calcolata analizzando a confronto il dato 3B42 e 3B42RT sui 5 anni di sovrapposizione dei due dati (12/2002-12/2007).

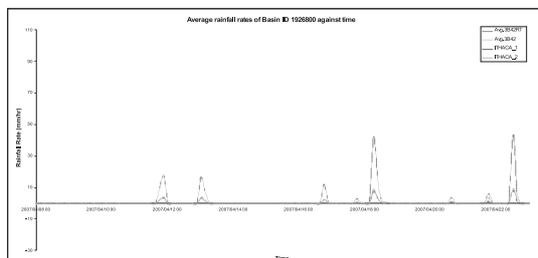


Figura 7 – Confronto fra dati TRMM 3B42, 3B42RT e dato corretto (ITHACA 1, 2)

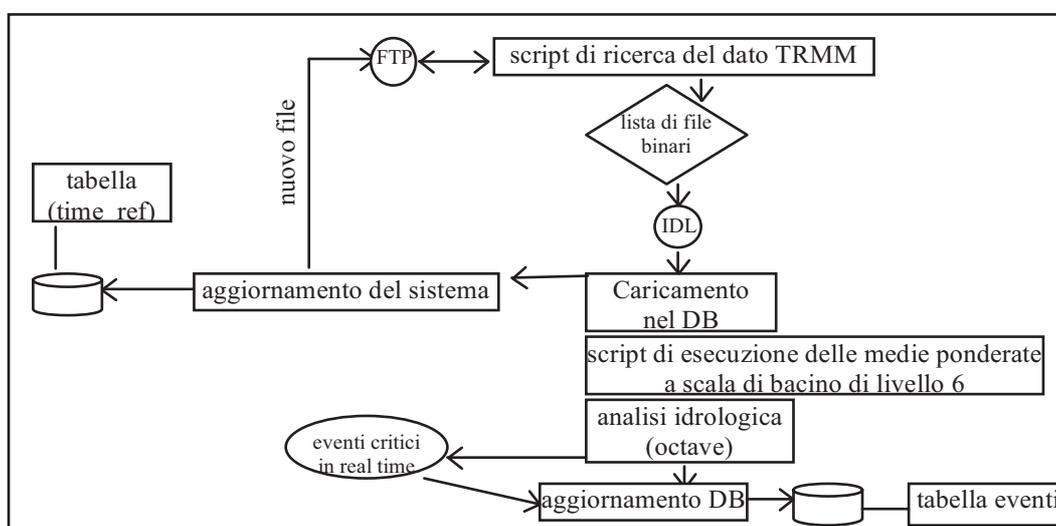


Figura 8 – Schema di flusso semplificato del sistema di monitoraggio in real time

Bibliografia

Applications of GTOPO30 and HYDRO1K:

<http://edc.usgs.gov/products/elevation/gtopo30/hydro/>

Disabato F., in stampa. Classificazione automatica di aree alluvionate. Atti del Convegno ASITA, 21-24 ottobre, L'Aquila.

Golfarelli M., Rizzi S., 2002. Data Warehouse, Teoria e pratica della progettazione. Mc Graw-Hill.

Huffman G.J., Adler R.F., Rudolph B., Schneider U. and Keehn P., 1995. Global Precipitation Estimates Based on a Technique for Combining Satellite-Based Estimates, Rain Gauge Analysis, and NWP Model Precipitation Information. J. Clim., 8, pp. 1284-1295.

TRMM 3B42:

http://disc.gsfc.nasa.gov/data/datapool/TRMM_DP/01_Data_Products/02_Gridded/06_3-hour_Gpi_Cal_3B_42/

TRMM 3B42RT:

<ftp://trmmopen.gsfc.nasa.gov/pub/merged/mergeIRMicro>