

DATI STORICI E CARTOGRAFIA DI PRIMO INTERVENTO NELLE EMERGENZE AMBIENTALI

Andrea AJMAR

ITHACA, via P.C. Boggio 61, 10138 Torino, Italy, tel. +39-011-19751852, fax +39-011-19751122,
e-mail: andrea.ajmar@ithaca.polito.it

Riassunto

Nel corso degli ultimi trent'anni il numero di richieste di intervento e di aiuto internazionale, a seguito di conflitti sociali, guerre e disastri naturali, in particolare nelle nazioni più povere del pianeta, è in forte crescita. Il solo World Food Programme delle Nazioni Unite ha visto più che raddoppiato, nel periodo 1980-2000, il numero di operazioni umanitarie che ogni anno l'agenzia ha attivato. L'attuale fase di forte incremento dei prezzi di generi alimentari di prima necessità e del petrolio ha ulteriormente messo in difficoltà l'intero comparto umanitario, incidendo fortemente sui capitoli di spesa di agenzie ed organizzazioni. Per queste è diventato prioritario razionalizzare al massimo i costi delle operazioni di emergenza, al fine di poter destinare maggiori risorse per l'acquisto e la distribuzione degli aiuti.

In questo contesto una rapida e tempestiva valutazione delle conseguenze di eventi catastrofici, sul territorio e sulle popolazioni che vi risiedono, assume sempre più valore per chi è preposto al coordinamento delle operazioni. Tali informazioni sono necessarie sia a livello generale, per una valutazione complessiva dell'evento, sia a scala di dettaglio, per la gestione degli aspetti logistici legati ad un intervento diretto.

La disponibilità di informazioni cartografiche dettagliate e la loro gestione ed organizzazione in ambienti condivisi, diventano quindi sempre più un fattore chiave. L'archiviazione di informazioni tematiche storiche risulta, soprattutto nel caso specifico di eventi catastrofici naturali, estremamente preziosa come supporto all'analisi di eventi correnti e allo sviluppo di scenari. Accanto a queste, le modalità di acquisizione di informazioni aggiornate mediante tecniche di telerilevamento consentono di sviluppare e ottimizzare ambienti di analisi in grado di rispondere in maniera efficace alla necessità di disporre di informazioni cartografiche per il primo intervento in caso di emergenze ambientali.

Abstract

The rising tide of civil conflict, war and natural disasters in the world's poorest nations has led to a near explosion in food emergencies - up from an average of 15 per year in the 1980s to more than 30 per year since 2000, counting only the ones activated by UN World Food Programme.

Actual food crisis and food prices development has not only impact on households' access to food and food consumption, but also require a severe control on operation expenses, in order to reserve more funds for food acquisition.

Given that context, fast and accurate estimation on consequences on territory and populations of catastrophic events become more and more a key factor, for successfully coordinate operation both at global scale and local scale, to manage all logistic aspect of an operation.

Detailed cartographic information, their management and organization in shared environments are a fundamental to fulfill those requirements. Storing historical thematic information, especially in the case of certain natural events, provide further analysis capabilities and allows scenario production. Updated information, mainly acquired with remote sensing techniques, complete an analysis

environment capable to provide cartographic services for programming on-ground operations in case of environmental emergencies.

Introduzione

L'incremento della popolazione mondiale e, conseguentemente, l'edificazione di nuove infrastrutture rendono più ampia la superficie di territorio mondiale esposta ad eventi naturali a carattere catastrofico. Le aree maggiormente soggette a sviluppo antropico sono concentrate nei paesi in via di sviluppo e nelle zone costiere o di fondovalle (*Figura 1*), dove la pericolosità legata ad eventi quali alluvioni, frane, cicloni e onde anomale è maggiore.

L'aumento della frequenza di temperature estreme, delle aree affette da siccità, del numero e dell'intensità delle precipitazioni, nonché la variazione nel percorso di correnti e cicloni, sono elementi confermati da numerosi studi e da serie storiche sufficientemente lunghe. Fenomeni climatici connessi al riscaldamento globale sono comunemente reputati come i responsabili di un generale aumento nel numero e nell'intensità di eventi catastrofici naturali. A conferma di questo, si è registrato nel corso degli ultimi decenni un incremento del rapporto tra il numero di disastri complessivo e il numero di eventi riconducibili al variare delle condizioni climatiche (*Figura 2*); senza però trascurare l'effetto che lo sviluppo nella produzione e nella disponibilità delle informazioni ha avuto sulla capacità di registrare numero ed intensità degli eventi stessi.

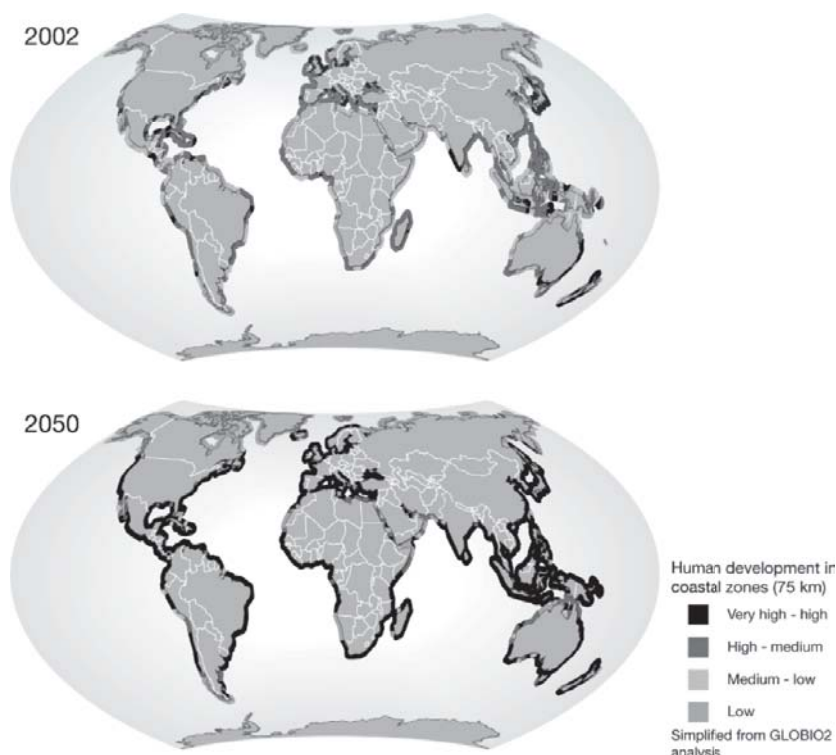


Figura 1 – Evoluzione dell'impatto umano sulle aree costiere (fonte: GEO3 Global Environment Outlook, 2002)

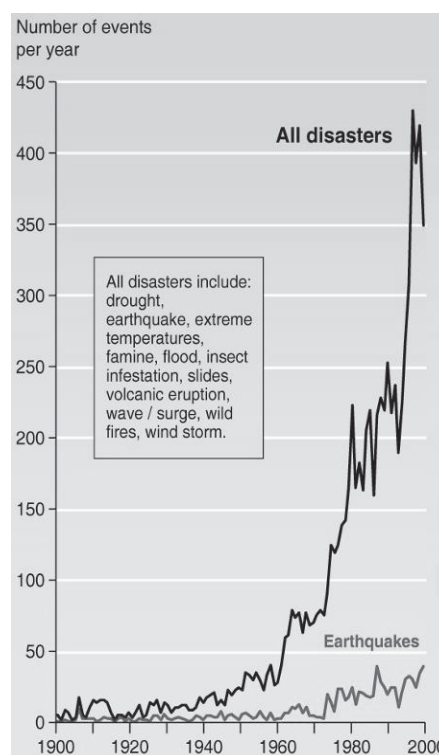


Figura 2 - Incremento del numero di disastri naturali riportati (fonte: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters)

Nel decennio 1994-2003, 2.6 miliardi di persone sono state colpite da disastri naturali, contro 1.6 miliardi del decennio 1984-1993, con un aumento dei costi per farvi fronte pari a più di 15 volte. Stando a fonti ufficiali del World Food Programme (WFP) delle Nazioni Unite, nel periodo 1980-

2000 il numero di interventi umanitari eseguiti ogni anno è più che raddoppiato. Il WFP si attiva per operazioni di emergenza che coprono le seguenti tipologie di crisi:

- Disastri improvvisi: catastrofi naturali che hanno impatto sull'accessibilità al cibo e/o causano migrazioni forzate di popolazione;
- Disastri a lenta evoluzione, quali siccità e perdita di raccolti;
- Emergenze complesse, che possono includere conflitti armati, degrado delle condizioni economiche della popolazione, con associati importanti fenomeni di dislocamento della stessa.

Negli anni Novanta, gli stanziamenti mondiali in materia di aiuti alimentari per l'assistenza nella fase di risposta ad un disastro sono aumentati di oltre il 500 per cento. Nel corso dell'ultimo decennio il WFP ha destinato quasi 12 miliardi di dollari per acquistare e distribuire aiuti alimentari, al fine di ridurre l'impatto sulla popolazione in conseguenza di disastri naturali o conflitti armati e nel corso del solo 2006, l'agenzia ha portato aiuti a circa 63.4 milioni di vittime. L'attuale fase di crisi economica mondiale, e il conseguente aumento dei prezzi dei generi alimentari e del carburante, ha inciso enormemente sul budget del WFP, passato da 3.1 a quasi 6 miliardi di dollari in pochi anni.

I dati geografici e la loro strutturazione

E' opinione condivisa che l'efficacia dei sistemi di allerta precoce (*early-warning*) e l'analisi tempestiva delle conseguenze di eventi catastrofici (*early-impact*) costituiscano fattori chiave per determinare la capacità di risposta ad un'emergenza (*Figura 3*). Le informazioni cartografiche, attuali e storiche, e gli strumenti per gestirle, analizzarle e rappresentarle, costituiscono un sistema estremamente efficace per sintetizzare e comunicare in maniera rapida le conseguenze di un evento. Nel processo decisionale legato alla gestione delle emergenze, costituiscono la fonte primaria per tutte le decisioni prese in fase di intervento.

Le successive fasi di ricostruzione, mitigazione e preparazione, che hanno normalmente uno sviluppo temporale più lungo, beneficiano anch'esse della disponibilità di informazioni cartografiche strutturate in database geografici

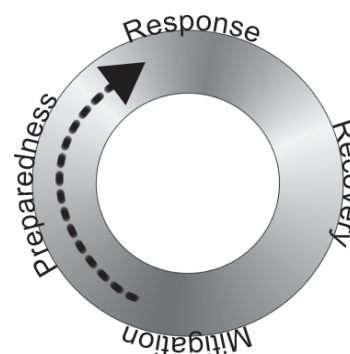


Figura 3 - Rappresentazione grafica delle 4 fasi di gestione dell'emergenza

L'organizzazione delle informazioni geografiche disponibili e la loro accessibilità e disponibilità diventano quindi un elemento vitale per consentire analisi accurate e rappresentazioni chiare delle conseguenze sul territorio in caso di eventi calamitosi. La necessità e l'opportunità di definire e implementare una *Spatial Data Infrastructure* (SDI) per le Nazioni Unite sono state definite e sostenute dallo *United Nations Geospatial Information Working Group* (UNGIWG). Una SDI ha come scopo di fornire gli strumenti per la ricerca delle informazioni disponibili e per la loro valutazione, facilitandone l'accessibilità grazie all'implementazione di standard, protocolli e specifiche. Il WFP si è attivato per implementare una propria soluzione di SDI secondo gli indirizzi definiti da UNGIWG (*Figura 4*).

Le principali problematiche relative alla progettazione di una soluzione di SDI per il WFP sono legate all'esigenza di coniugare funzionalità complesse di gestione (grossi volumi di dati, complesse procedure di aggiornamento con dati provenienti da fonti molto diversificate) e di analisi, con elevate prestazioni (soprattutto durante le emergenze) e facilità di utilizzo per un'utenza allargata e potenzialmente non esperta nell'utilizzo di dati geografici. Bisognava inoltre tenere in considerazione la politica relativa alle licenze *software* attualmente in vigore in ambito UN, che privilegia soluzioni basate su applicativi *Open Source*. Queste condizioni hanno portato all'idea di sviluppare due ambienti paralleli, ma strettamente interconnessi (*Figura 5*):

- Un **ambiente di produzione**, finalizzato al mantenimento della *data consistency* (accuratezza, usabilità e integrità delle informazioni relazionate) ed alle analisi complesse sui dati. Questo è un ambiente destinato ad un'utenza ristretta.
- Un **ambiente di pubblicazione**, dedicato all'analisi, al processamento ed alla rappresentazione, per attività specifiche (sistemi di allerta precoce) o per particolari progetti (gestione di singoli eventi). Questo ambiente è destinato ad un'utenza allargata, potenzialmente all'intero comparto umanitario, ed è quello in cui i requisiti di interoperabilità devono essere rispettati al massimo.

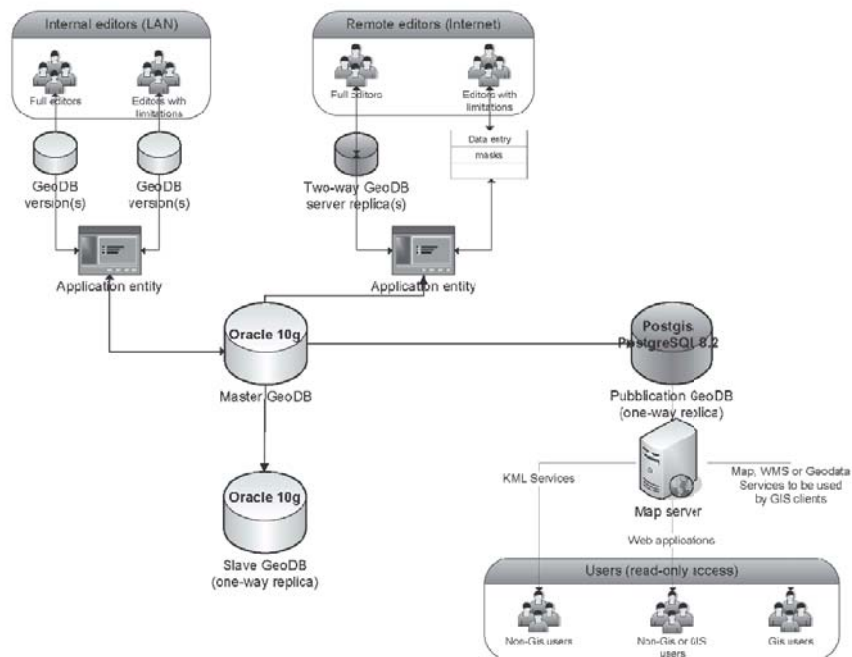


Figura 4 - Lo schema di distribuzione dei dati sviluppato per il progetto WFP SDI

Questa soluzione presenta una serie di vantaggi, tra cui:

- La possibilità di sfruttare le procedure complesse e consolidate che derivano dall'utilizzo di un ambiente commerciale, e per cui le soluzioni *Open Source* attualmente disponibili non sono considerate ancora mature;
- L'incremento delle prestazioni complessive del sistema, suddividendo il carico di lavoro tra i due ambienti e consentendo un *tuning* specifico, dovendo questi rispondere a richieste sostanzialmente differenti;
- La capacità di mantenere la struttura aggiornata alle evoluzioni della comunità *Open Source* e di sviluppare nuove *feature* per un progressivo *porting* completo verso una soluzione completamente *Open Source*.

La struttura della WFP SDI include un *repository* di dati geografici (Figura 6) in cui vengono conservati, in maniera strutturata:

- **Dati di base**, da essere utilizzati in fase di analisi e di rappresentazione. Per esigenze specifiche legate ai compiti ed alle modalità operative del WFP, tali dati debbono essere consistenti a scala globale, privilegiando l'estensione della copertura territoriale rispetto alla precisione del dato;
- Dati specifici per la **componente logistica** (infrastrutture di trasporto). Il WFP, nell'ambito delle Nazioni Unite, è responsabile della fornitura del supporto logistico per tutte le agenzie in caso di intervento. Per questo dei *dataset* specifici sono stati sviluppati, assieme a capacità di analisi avanzata (*routing*, reportistica, ecc.);
- **Dati storici**, particolarmente significativi per valutare la *magnitudo* di nuovi eventi mediante comparazione con eventi passati.

Open Geospatial Consortium®		
Components	Production environment	Publication environment
DBMS	Oracle 10g	Postgis/PostgreSQL 8.2
Gateway	ESRI ArcSDE	-
Geometry storage	WKB ⁽¹⁾ SDO_GEOMETRY ⁽³⁾	WKB ⁽¹⁾ WKT ⁽²⁾
GIS clients	ESRI ArcGIS Desktop	Desktop or WEB based
WEB Applications	ESRI ArcGIS Server	WMS/WFS
Metadata and Catalogue	GeoNetwork	

(1) Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) well-known binary geometry type.

(2) Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC) well-known text geometry type.

(3) Oracle Spatial geometry type.

In green, OGC compliant objects, in orange, OGC registered products (<http://www.opengeospatial.org/resource/products>)

Figura 5 - Le componenti software per gli ambienti di produzione e pubblicazione di WFP SDI

Datasets	Classes	BASE DATA		TRANSPORTATION			
		Description	Object Class Name	Type	Geometry	Subtype	
Boundaries	BNDCoastline	Coastlines (lines)	Transportation	Simple	Point	Airfields	
	BNDOceanSea	Oceans and Seas (areas)	Aerodromes	FeatureClass	Point	Airports	
	BNDPoLA	Political Boundaries (areas)				Airstrips	
	BNDPoLL	Political Boundaries (outlines)				FixedHLZs	
Elevation	ELVCntline	Contour lines on land (lines)				ImprovisedHLZs	
	ELVDpthline	Depth lines (lines)				Unspecified	
	ELVDtm	Digital Terrain Model (raster)	Bridges	Simple	Point	-	
	ELVElevPoint	Elevation points (points)	EntryPoints	FeatureClass	Point	-	
Hydrography	HYDBasin	Drainage basins (areas)	FerryCrossings	Simple	Point	-	
	HYDCanal	Inland water canals (lines)	FuelSupplyPoints	FeatureClass	Point	-	
	HYDlnWaterA	Inland water bodies (areas)	Obstacles	Simple	Point	-	
	HYDlnWaterL	Inland water paths (lines)					
	HYDMiscWaterL	Miscellaneous water elements (lines)	Ports	Simple	Point	Anchorage	
	HYDMiscWaterP	Miscellaneous water elements (points)				Banks	
	HYDSwbd	SRTM Water Body Areas (areas)				Benchings	
Physiography	PHYGroundCover	Ground cover broad classes (areas)				LakePorts	
	PHYLandCover	Land cover (1km resolution) (areas)	Railways	Simple	Polyline	Piers	
	PHYLandsatMos	Orthorectified Landsat TM Mosaics (2000)	Roads	FeatureClass	Polyline	Ramps	
	PHYModisLC	Modis Land Cover data (raster)	Stations	Simple	Point	RiverPorts	
	PHYModisLI	Modis Land Imagery (raster)	Tunnels	FeatureClass	Point	SeaPorts	
	PHYModisNDVI	Modis NDVI data (raster)	WarehouseCompounds	Simple	Point	Unspecified	
Population	POPAnthrFeatP	Anthropic features (areas)	Waterways	FeatureClass	Polyline	-	
	POPBuiltUpA	Built-Up areas (areas)					
	POPPopDensity	Population density (raster)					
Industry	INDIndA	Industries (extraction/fish) (areas)					
	INDIndP	Industries (extraction/fish) (areas)					
Utilities	UTITransmLines	Transmission lines (power, pipelines, etc.)					
	UTITransmNodes	Transmission nodes (plants, pumping, etc.)					
Names	NMSAdmReg	Names of administrative region features	Stand Alone ObjectClass(es)	Table	-	-	
	NMSHydType	Names of hydrographic type features	Berths	Table	-	-	
	NMSHypType	Names of hypsographic type features	BerthsEquipments	Table	-	-	
	NMSLocType	Names of locality or area type features	PrtEntrances	Table	-	-	
	NMSPopPlace	Names of populated place features	Sources	Table	-	-	
	NMSSptType	Names of spot type features	Spans	Table	-	-	
	NMSStrType	Names of street, highway, road or railroad type features	TempCtrlUnits	Table	-	-	
	NMSUndType	Names of undersea type features	TolAreas	Table	-	TolHLZ	
	NMSVegTyp	Names of vegetation type features				TolRunway	
						TolUnspecified	

Figura 6 - La lista e la descrizione dei dataset cartografici inclusi in WFP SDI

Nella progettazione dello schema logico del *geodatabase*, una particolare attenzione è stata dedicata ad una struttura dati che possa consentire di archiviare in maniera integrata tutte le componenti di un'analisi territoriale (immagini e dati sorgenti, risultato di elaborazioni, *output* cartografici e dati storici preesistenti), con lo scopo di generare un archivio storico strutturato e di consentire la ricostruzione a posteriori delle analisi compiute (Figura 7).

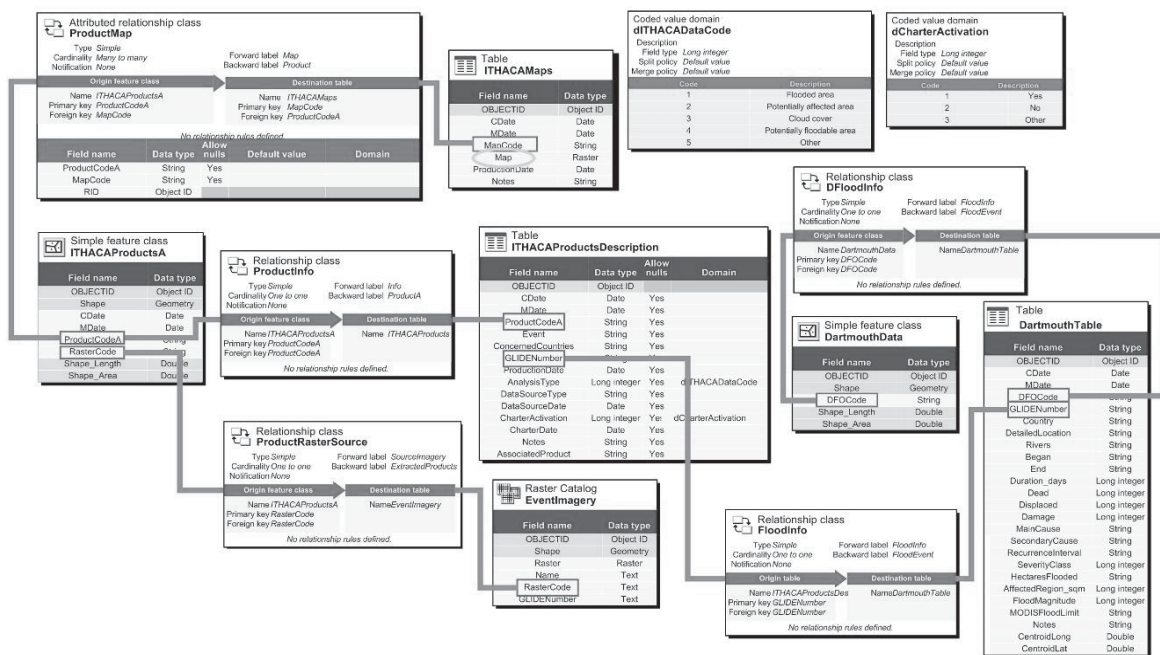


Figura 7 - Struttura dati per l'archiviazione delle analisi legate ad eventi alluvionali

L'analisi sulla base dei dati storici

La disponibilità di dati storici e di informazioni di base relative ad un determinato territorio consentono l'elaborazione di modelli analitici, basati sulla ripetitività degli eventi, e la relativa rappresentazione sintetica dei risultati su base cartografica.

La definizione di un modello semplificato, che prenda in considerazione un archivio di eventi storici, una discretizzazione del territorio in esame in bacini idrografici e la distribuzione della popolazione residente, consente ad esempio la valutazione del rischio di alluvioni. Sfruttando le potenzialità ereditate dall'organizzazione dei dati in un ambiente strutturato, l'analisi e la produzione di elaborati cartografici diventano processi semplici ed altamente automatizzabili (Figura 8).

Gli strumenti di allerta precoce (early-warning)

Lo sviluppo di un sistema di allerta precoce per gli eventi alluvionali costituisce una priorità per tutte le strutture attive nella gestione delle emergenze. L'obiettivo è quello di costruire uno strumento in grado di produrre e rappresentare scenari di rischio per le alluvioni per i paesi in via di sviluppo, dove tali eventi hanno maggiore impatto in termini di vite umane, spostamenti massicci di popolazione e danni a livello socio-economico. La metodologia si basa sull'individuazione di eventi di precipitazione critici sulla base di serie storiche disponibili a scala globale e sulla valutazione degli effetti che questi hanno avuto in termini di generazione di aree alluvionate. L'identificazione di soglie pluviometriche, definite su base idrologica e statistica e basate sull'analisi delle serie storiche, e la loro comparazione con valori di precipitazione acquisiti in *near real-time* consentono di generare allerte e produrre analisi ed elaborati cartografici relativi alle potenziali conseguenze di un fenomeno in atto (Figura 9, Figura 10 e Figura 11).

Ethiopia - Watersheds risk map according to Dartmouth World Atlas of Flooded Lands

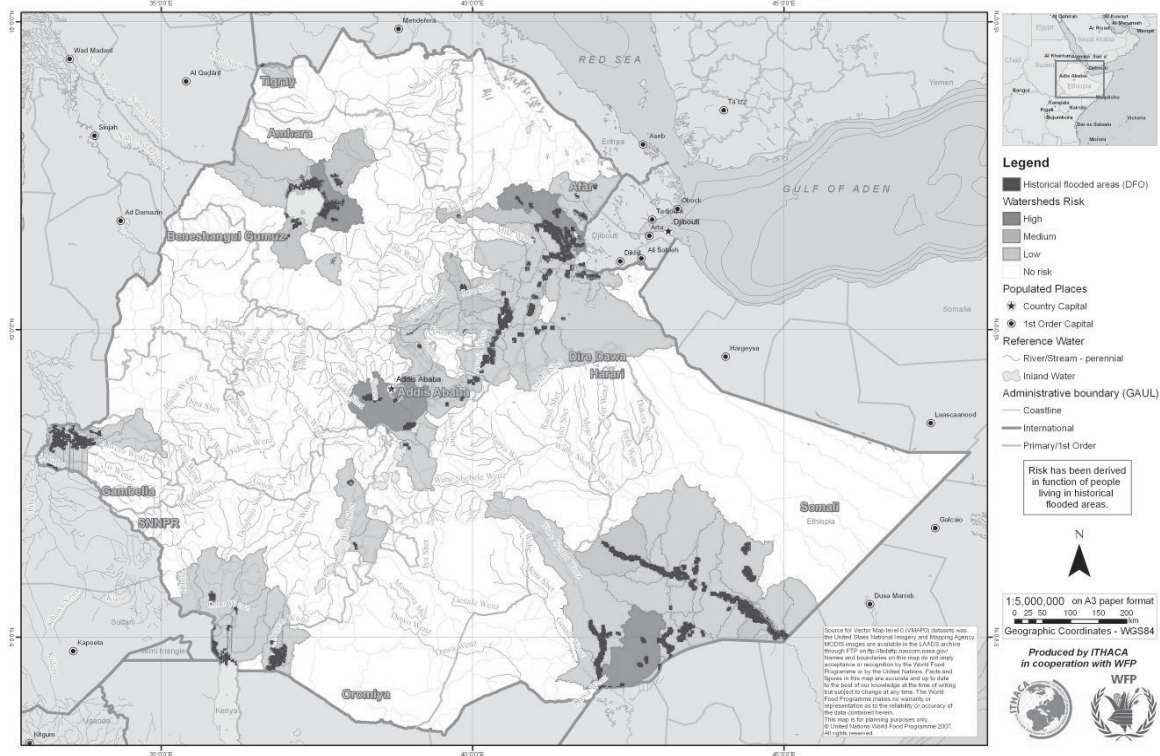


Figura 8 - Mappa del rischio di alluvioni su bs e storica

Anche altre tipologie di fenomeni naturali, a evoluzione temporale più lenta ma con conseguenze sulla popolazione comunque gravi, possono essere monitorate e oggetto di un sistema di allerta precoce. Un esempio è rappresentato da un sistema di individuazione di fenomeni di siccità in *near real-time*, che integri informazioni sullo stato di salute della vegetazione (come, ad esempio, indici di NDVI derivati da immagini acquisite da piattaforme satellitari), indici di siccità basati su parametri climatici e informazioni relative all'umidità dei suoli (*soil moisture*). Gli indicatori di siccità possono essere definiti come quelle variabili utilizzate per descrivere l'inizio, la *magnitudo*, la durata, la gravità e l'estensione spaziale del fenomeno. Gli indici di siccità sono soglie applicate agli indicatori che consentono di individuare un evento siccitoso o l'avvicinarsi a queste condizioni.

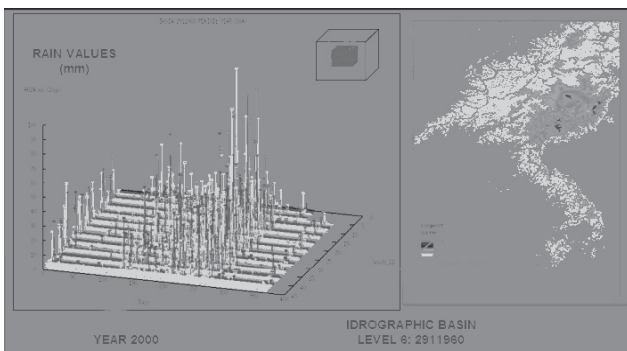


Figura 9 - L'analisi statistica sulla bs e dei dati storici

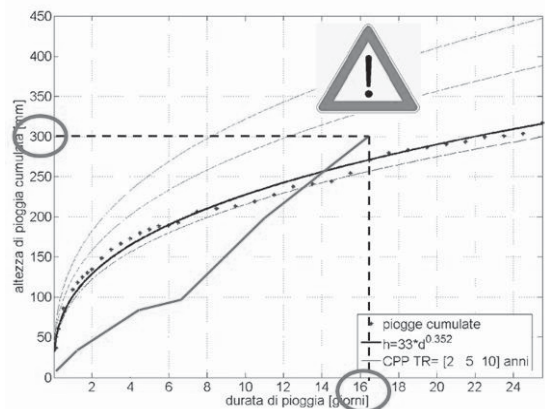


Figura 10 - La definizione della soglia critica di precipitazione

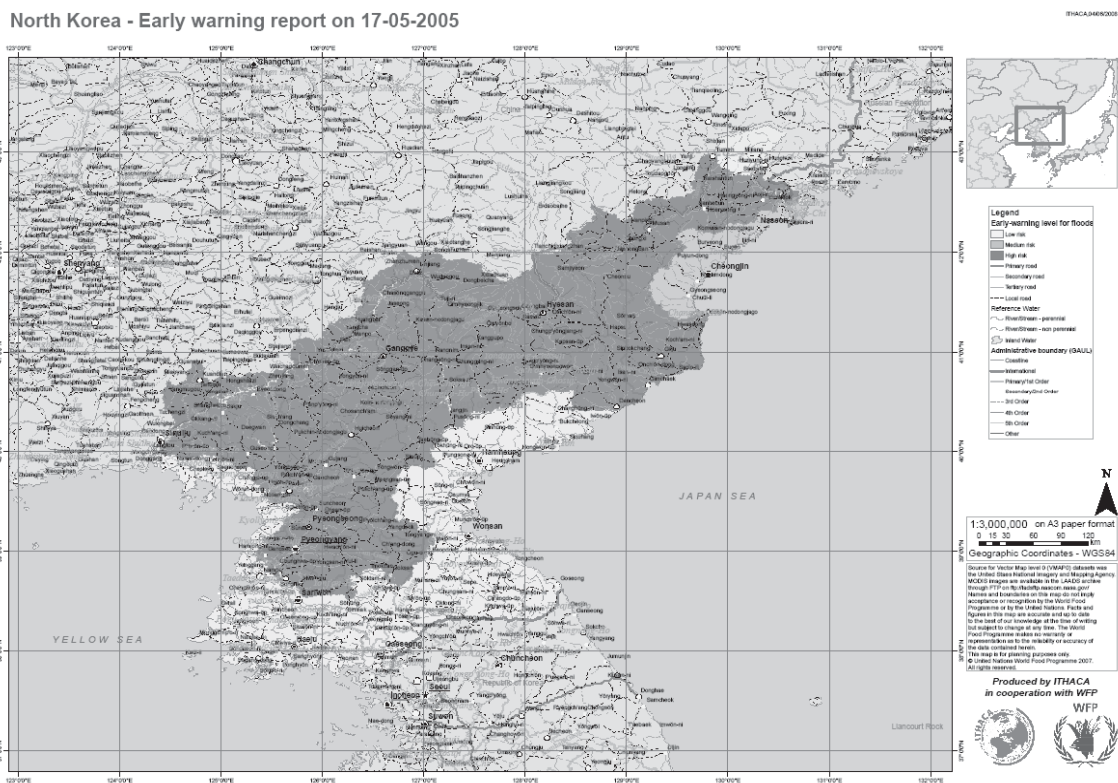


Figura 11 - Output cartografico relativo ad un'allerta simulata, ma basata su dati reali, in Corea del Nord

L'analisi tempestiva delle conseguenze di eventi catastrofici (*early-impact*)

L'importanza dell'uso di immagini acquisite da satellite durante le fasi di risposta ad emergenze umanitarie è generalmente riconosciuta. Uno degli utilizzi primari è finalizzato alla localizzazione delle aree effettivamente colpite da una catastrofe, naturale o meno che sia, valutandone per quanto possibile anche l'entità. Quest'analisi fornisce alle strutture di coordinamento elementi aggiornati e vitali per l'organizzazione delle attività di soccorso, quali la *magnitudo* dell'evento, la stima della popolazione coinvolta, i danni reali o potenziali alle infrastrutture e indicazione dei mezzi ideali per raggiungere le aree colpite e portare i primi soccorsi.

Logicamente, in questo contesto l'aspetto cruciale consiste nell'effettiva disponibilità di immagini di tipologia e risoluzione adeguata per il fenomeno da analizzare. Piattaforme con piccoli intervalli di rivisitazione, anche se montanti sensori a media o bassa risoluzione geometrica, sono estremamente utili nelle prime fasi di monitoraggio, in cui è importante avere un quadro completo dell'impatto sul territorio di un determinato evento (*Figura 12*). Nelle fasi successive, quando sono già state individuate le aree maggiormente colpite, la richiesta di informazioni di maggior dettaglio rende necessaria la disponibilità di immagini a media o alta risoluzione geometrica; nel caso di eventi associati a forti precipitazioni, o comunque su aree soggette ad elevata copertura nuvolosa, immagini acquisite da sensori radar diventano fondamentali per la loro capacità di penetrazione della coltre di nubi. In *Figura 13* viene mostrato un esempio di cartografia di aree alluvionate derivato da un'immagine radar, che presenta il vantaggio di dare un quadro omogeneo dell'area indagata, consentendo anche ulteriori elaborazioni quali la stima della popolazione coinvolta. In *Figura 14* invece si mostra come la disponibilità di immagini ad elevata risoluzione sia fondamentale per produrre elaborati cartografici a scale utilizzabili per una pianificazione logistica dell'intervento umanitario. Le stesse immagini radar ad alta risoluzione possono essere utilizzate per la valutazione dei danni alle infrastrutture, sfruttando il comportamento di *backscattering* del segnale.

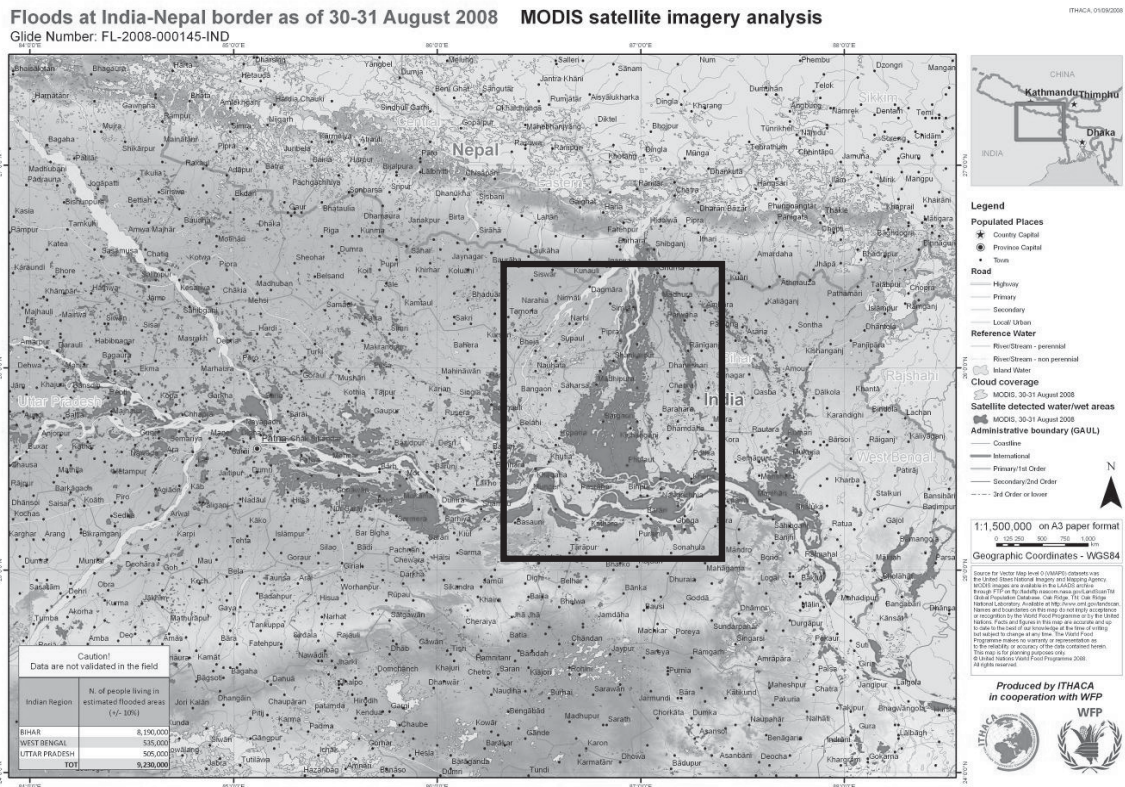


Figura 12 - La valutazione di un evento alluvionale e il confronto con una situazione di riferimento

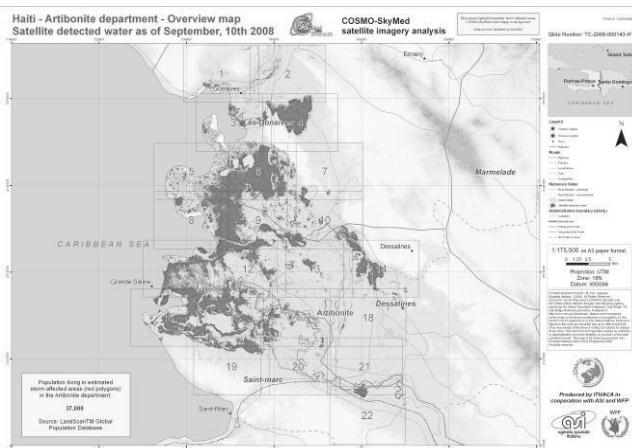


Figura 13 - Identificazione di aree alluvionate sulla base di immagini radar

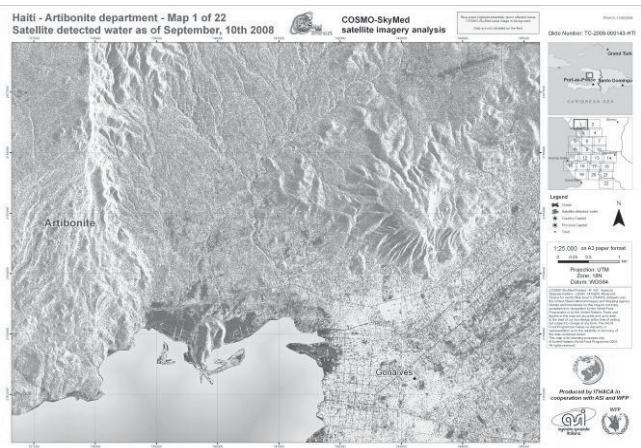


Figura 14 - Rappresentazione a media scala (1/25 000)

Indipendentemente dal tipo di analisi e dal sensore utilizzato, l'utilizzo di dati storici o di riferimento nel flusso di lavoro consente di migliorare l'accuratezza delle classificazioni e di avere un dato di riferimento utile per la stima della magnitudo dell'evento esaminato. Dalla cartografia di *Figura 12*, in cui sono rappresentate in rosso le aree coperte da acqua a seguito di un evento alluvionale mentre i corpi d'acqua di riferimento sono simbolizzati in ciano, risulta immediato come la situazione più critica sia legata alla rottura di un argine lungo il corso del fiume Kosi e il conseguente cambio di corso del fiume stesso (area compresa nel riquadro nero).

Conclusioni

L'incremento degli eventi calamitosi, per numero e per entità dei danni provocati, richiedono un forte sviluppo delle capacità di analisi e risposta da parte delle agenzie e delle organizzazioni umanitarie. I forti aumenti nei prezzi delle derrate alimentari e del petrolio non solo peggiorano le condizioni di vita soprattutto nei paesi in via di sviluppo, ma impongono alle agenzie di avere strumenti efficaci per ridurre drasticamente i costi legati alle operazioni in campo.

La sempre maggiore disponibilità di immagini acquisite da piattaforme satellitari consente agli operatori di avere a disposizione informazioni aggiornate sulle aree colpite. Accordi internazionali, quali l'*International Charter for Space and Major Disasters* a cui partecipano come membri le maggiori agenzie spaziali mondiali, hanno come obiettivo di mettere a disposizione piattaforme di acquisizione al fine di ottenere rapidamente dati su aree specifiche, in momenti precisi e con caratteristiche (tipo di sensore, risoluzione geometrica, ecc.) adeguate.

Un sistema efficace e accurato di analisi di eventi calamitosi non può comunque prescindere dall'utilizzo di dati storici, che supportano la fase di classificazione delle immagini satellitari, consentono una valutazione più precisa della magnitudo dell'evento e possono costituire la base per la costruzione di scenari. La generazione ed il mantenimento di archivi di informazioni cartografiche storiche deve quindi costituire una priorità.

Riferimenti bibliografici

Albanese A., Disabato F., Terzo O., Vigna R., Giardino M., Perotti L., (2008). "A preliminary approach to flood risk mapping and flood forecasting system for the LDCs". ISPRS proceedings. Disponibile online: http://www.isprs.org/congresses/beijing2008/proceedings/4_pdf/269.pdf

CARE International, (2008). "Humanitarian Implications of Climate Change: Mapping Emerging Trends and Risk Hotspots". Disponibile online: <http://www.reliefweb.int/rw/lib.nsf/db900SID/PANA-7HRGCF?OpenDocument>

Executive Office Of The President - Office of Management and Budget, (2002). "Circular No. A-16", United States of America. Disponibile online: http://www.whitehouse.gov/omb/circulars/a016/print/a016_rev.html

Groot R., McLaughlin J., (2000). "Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases and Good Practice". New York: Oxford University Press.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), (2007). "IPCC Fourth Assessment Reports: Working Group I Report 'The Physical Science Basis'". Disponibile online: <http://www.ipcc.ch>.

Masser I., (2005), "GIS Worlds - Creating Spatial Data Infrastructures". ESRI Press.

Nebert D., (2004). "Developing Spatial Data Infrastructures: The SDI Cookbook, Version 2.0". Global Spatial Data Infrastructure Association. Disponibile online: <http://www.gsdi.org/gsdicookbookindex.asp>

UNEP/GRID-Arendal, (2008). "Human impact in the coastal zones". UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library.

UNEP/GRID-Arendal, (2005), "Trends in natural disasters". UNEP/GRID-Arendal Maps and Graphics Library.

UNGIWG, (2007). "UNSDI COMPENDIUM. A UNSDI Vision, Implementation Strategy and Reference Architecture". Disponibile online: http://www.ungiwg.org/docs/unsdi/UNSDI_Compendium_13_02_2007.pdf

UNGIWG, (2007). "STRATEGY for developing and implementing a United Nations Spatial Data Infrastructure in support of Humanitarian Response, Economic Development, Environmental Protection, Peace and Safety". Disponibile online: http://www.ungiwg.org/docs/unsdi/UNSDI_Strategy_Implementation_Paper.pdf