

# **L'utilizzo delle tecnologie GIS per la realizzazione di un Sistema di Vigilanza Ambientale**

Vincenzo CONSORTI

Università degli Studi di Teramo, Viale Crucoli 122, 64100, Teramo, 0861-248780, [vconsorti@unite.it](mailto:vconsorti@unite.it)

## **Riassunto**

La necessità di affrontare le tematiche connesse agli aspetti di vulnerabilità in ambito territoriale induce la definizione e realizzazione di nuove infrastrutture che impiegano le tecnologie GIS per il monitoraggio e controllo del territorio utilizzando prodotti e servizi a valore aggiunto derivati da elaborazioni di dati digitali provenienti da sensori e reti di rilevazione terrestri e dall'osservazione aerea e satellitare.

In tale ambito la costituzione di un Sistema di Vigilanza Ambientale (SVA) di livello regionale finalizzato al monitoraggio dei fattori critici ed alla condivisione delle conoscenze da parte di tutti i soggetti preposti alle attività di esercizio e controllo nell'ambito territoriale richiede di progettare e definire le applicazioni GIS con schemi che siano in grado di adattarsi ai vincoli imposti da questa problematica e che siano in grado di utilizzare in modo efficace ed efficiente le infrastrutture di rete ed elaborative, inclusi i sensori, che sono alla base delle realizzazioni operative.

L'articolo esamina gli aspetti connessi alla progettazione di un SVA di livello regionale, che è stata affrontata in termini di piena generalità con tecnologie GIS oriented, ed evidenzia in dettaglio le problematiche operative relative al sistema di controllo, gestione e supervisione.

## **Abstract**

The necessity to examine the aspects of vulnerability in territorial areas induces to define and to design new GIS oriented infrastructures for the monitoring and control of the territory, that are able to use digital data coming from sensors, land nets of survey and from satellite or aerial observation.

In this situation the constitution of SVA of regional level finalized to the monitoring of the critical factors and to the sharing of knowledge requires the design of GIS applications that use in a proper manner and efficiently the network and elaborative (sensors included) infrastructures strictly connected to the concrete realization.

This paper examines in detail the general aspects of this argument and faces in systematic way the design, developed with criteria of full generality, and the operational aspects derived from a concrete realization on a national level.

## **1. Introduzione**

Le recenti catastrofi naturali dimostrano come i mutamenti climatici uniti alla elevata antropizzazione di molta parte del territorio hanno aumentato sia l'esposizione al rischio sia la vulnerabilità di cose e persone. Essere in grado di agire in via preventiva mediante attività di risk analysis sulla realizzazione di infrastrutture critiche (ospedali, caserme, industrie con lavorazioni ad alta rischiosità, ecc.), poter disporre di allarmi immediati che consentano, mediante l'applicazione di piani d'emergenza definiti partendo da situazioni reali, di mettere in campo tutte le azioni preventive necessarie al contenimento dell'emergenza e di poter coordinare le attività di intervento sul campo in maniera sinergica e non dispersiva, risultano essere quindi attività di vitale importanza non unicamente ai fini della salvaguardia di vite umane ma anche nell'ottica di garantire la funzionalità di strutture indispensabili alla normale esistenza di un territorio.

In un tale contesto operativo risulta quindi logico e naturale pensare alla realizzazione di un Sistema di Vigilanza Ambientale (SVA) di livello regionale finalizzato al monitoraggio dei fattori critici ed alla condivisione delle conoscenze da parte di tutti i soggetti preposti alle attività di esercizio e controllo nell'ambito territoriale.

Il SVA deve tener conto del fatto che allo stato attuale le informazioni utili al controllo delle risorse territoriali scaturiscono da un articolato processo di elaborazione informatica dei dati a disposizione, standardizzato attraverso processi di normalizzazione effettuati utilizzando il paradigma offerto dal linguaggio XML e dai suoi dialetti specializzati, che integrando i dati rilevati da sensori o reti di osservazione, da rilevazioni aeree e satellitari, con informazioni locali e cartografiche, consente di produrre un'ampia varietà di strati informativi e banche dati capaci di traguardare il territorio attraverso molteplici punti di vista, tutti oggettivi e contestualizzabili.

Dal punto di vista infrastrutturale, la criticità di alcuni momenti operativi rende indispensabile la disponibilità di infrastrutture di comunicazione integrate, elaborative ed applicative capaci di funzionare anche in condizioni di operatività ridotta. (Ren Peng 2003), (Consorti, 2006), (Drummond, 2007) proprio per superare le problematiche connesse ad eventuali problemi alle infrastrutture tradizionali in caso di eventi calamitosi e/o catastrofi naturali.

Il Sistema di Vigilanza Ambientale deve inoltre essere predisposto per analizzare, anche in tempo reale, sia le pericolosità ambientali nei confronti delle vulnerabilità antropiche che le pericolosità antropiche nei confronti delle vulnerabilità ambientali. (Zlatanova, 2005)

Nell'ambito di un contesto di tipo regionale i soggetti potenzialmente coinvolti ed interessati alla realizzazione del Sistema di Vigilanza Ambientale sono quelli che dispongono di sistemi informativi di rilevanza ambientale che vengono comunemente utilizzati sia per finalità gestionali che di pianificazione, controllo e supporto alle decisioni. (Scally, 2006)

L'attenzione di tali soggetti è focalizzata in modo prioritario sugli aspetti gestionali, anche se è diffusa l'esigenza di integrare, in un disegno unitario di sistema, i diversi sistemi di comparto disponibili, per avere la possibilità di correlare dati di provenienza diversa e di condividere, distribuire ed armonizzare le competenze a tutte le aree tecnico-operative.

## **2. Il quadro architetturale logico applicativo**

A livello architetturale il Sistema di Vigilanza Ambientale presenta un quadro generale particolarmente ampio e differenziato. Il modello architetturale, descritto in figura 1, tiene conto di quanto evidenziato in precedenza e determina una realizzazione organizzata in aree (sottosistemi) di specifica competenza che dialogano ai diversi livelli con differenti modalità cooperative.

Il SVA è integrato all'interno di un Centro Servizi Territoriali ed Ambientali (CSTA) che rappresenta il nucleo operativo di raccolta delle informazioni territoriali ottenute dalle attività di monitoraggio, di studio e di ricerca, dai centri di controllo periferici e dagli enti e dai soggetti coinvolti a vario titolo ed è in grado di realizzare la diffusione ad ampio spettro dei dati di interesse con i differenti gradi di dettaglio e di integrazione, di approfondire gli aspetti collegati all'evoluzione del territorio, di raccordare le attività di analisi e gestione del rischio ambientale e di gestire le fasi di emergenza.

La realizzazione/implementazione di funzioni e servizi è stata realizzata nell'ambito del paradigma SOA (Service Oriented Architecture) con schemi web/webservices GIS oriented che utilizzano standard e tecnologie aperte ed ampiamente ed oggettivamente riconosciute e consolidate.

Il modello architetturale utilizza uno strato logico applicativo per lo scambio e la comunicazione in cui sia le operazioni che i dati sono "tradotti in un linguaggio comune" e i dati sono scambiati attraverso degli end-point da cui attingono le applicazioni.

Ciascuna applicazione può quindi richiedere servizi o scambiare dati nel proprio linguaggio utilizzando però un adapter specifico connesso a questo strato e può recuperare i risultati sempre alla stessa maniera.



**Figura 1 – Il quadro architetturale logico applicativo del Sistema di Vigilanza Ambientale**

L'infrastruttura di comunicazione deve fornire un linguaggio di specifica "neutrale" (per la definizione dei tipi di dato e delle funzionalità condivise) e un sistema di "traduzione" che consenta ad un linguaggio specifico di interagire con le funzionalità espresse.

Di conseguenza deve essere presente un sistema di pubblicazione che consenta l'identificazione univoca a livello applicativo dei servizi e il loro impiego delle interfacce derivate.

Il framework applicativo deve erogare i servizi per la gestione delle transazioni includendo anche un meccanismo di rollback, che riporti ad uno stato consistente tutti i dati manipolati in caso di un errore applicativo e un protocollo di commit adeguato al fine di evitare errori di modifica o in lettura.

I dati e le informazioni geotopocartografiche sono organizzati in una **Infrastruttura di Dati Territoriali** (IDT – Spatial Data Infrastructure) integrata, che consente di interconnettere sistemi GIS ed Informazione Geografica, sulla base di meccanismi di interoperabilità e di cooperazione (De Mers, 2002).

Alla base dell'architettura di una IDT ci sono i cataloghi dei dati (metadati) e dei servizi ed applicazioni disponibili. Il client accede ai cataloghi, seleziona dati e servizi e avvia i processi che accedono ai geodatabase. (Stefanakis, 2005)

A livello complessivo l'infrastruttura applicativa è articolata nelle seguenti aree:

- Area di controllo gestione e supervisione
- Area Territoriale
- Area modellazione e simulazione
- Area Acquisizione
- Area Pubblicazione

**L'area di controllo gestione e supervisione** prevede una serie di moduli applicativi specializzati in grado di raccogliere i dati provenienti anche in tempo reale dalle varie aree, di elaborarli visualizzarli e determinare l'insieme delle operazioni da eseguire. In particolare tale area contiene

al suo interno un sistema di supporto alle decisioni che dialogando con gli applicativi di modellazione e simulazione fornisce il supporto alle procedure decisionali in fase operativa.

**L'area territoriale** prevede una serie di moduli applicativi specializzati che si collegano all'IDT ed al geodatabase sulla quale sono in grado di eseguire le principali funzioni connesse alle rappresentazioni territoriali (inserimento dati, visualizzazione, produzioni tematiche, determinazioni aree rischio, definizione punti ed aree di interesse, ecc.).

**L'area modellazione e simulazione** prevede una serie di moduli applicativi specializzati che sono in grado di modellare il territorio ed individuare gli eventi critici. L'area applicativa di modellazione (Early Warning) è stata progettata sul principio che ogni singolo dato acquisito e monitorato, possiede un contenuto informativo esplicito ed uno latente implicito che si manifesta soltanto se correlato, mediante "ragionamento" (regole di conoscenza/esperienza) ad altri dati che contribuiscono a costituire ed avvalorare l'informazione conclusiva. (Balram, 2006), (Brimicombe, 2003).

**L'area acquisizione** prevede una serie di moduli applicativi specializzati in grado di raccogliere e controllare i dati provenienti in tempo reale da una infrastruttura di monitoraggio costituita da stazioni distribuite sul territorio della Regione in siti di particolare interesse ai fini della vulnerabilità, trasmessi ad un sistema di acquisizione di tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) e collegarli in uno schema logico per dialogare con le altre aree applicative.

**L'area pubblicazione** prevede una serie di moduli applicativi specializzati in grado di dialogare con l'area territoriale e presentare in ambito Web il risultato delle interazioni eseguite. In detta area saranno esposti i Web services per l'esecuzione dei servizi cartografici, applicativi e territoriali.

L'infrastruttura applicativa rappresenta l'elemento centrale del SVA e risulta essere di particolare complessità per l'insieme dei dati e delle informazioni da esaminare e per l'integrazione dei modelli applicativi per l'analisi e la valutazione del rischio. A titolo esemplificativo di seguito sono esaminati con un più ampio dettaglio due macro aree realizzate nell'ambito del Sistema di Vigilanza Ambientale della Regione Molise.

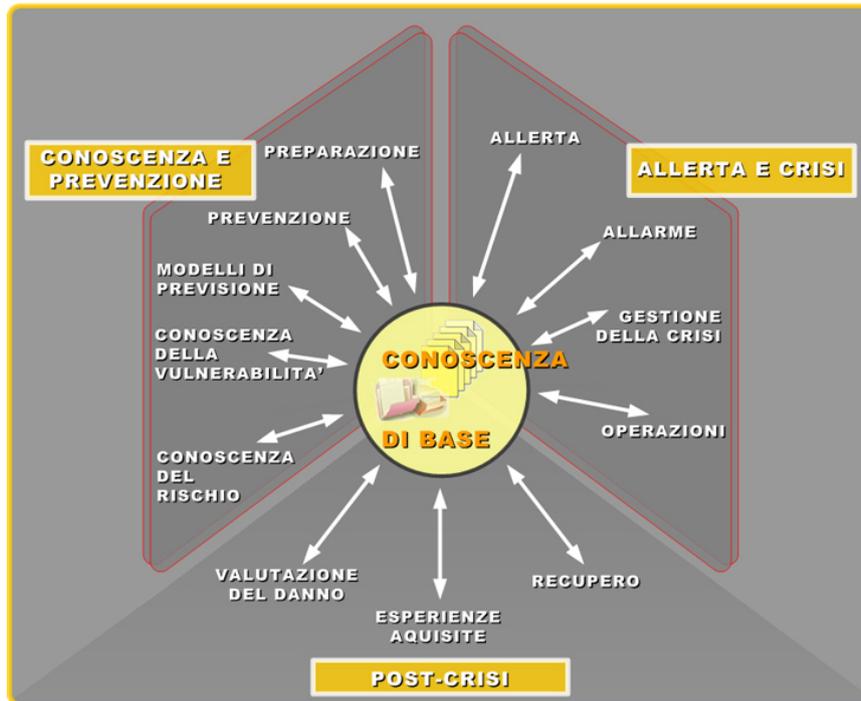
### **3. Il sistema di controllo, gestione e supervisione**

Il sistema di controllo, gestione e supervisione del SVA è costituito da un insieme di moduli applicativi che sono tra loro integrati ed organizzati in un cruscotto direzionale in grado di fornire al personale direttivo e di coordinamento uno strumento per sviluppare procedure decisionali che possano essere concettualmente adattabili a differenti situazioni di rischio sul territorio, in modo da poterne ridurre gli effetti sia in fase preventiva che di crisi.

L'insieme dei moduli applicativi costituisce un sistema di supporto alle decisioni (DSS - Decision Support System) integrato e sviluppato in ambiente GIS che dialogando con i modelli applicativi consente di produrre per le diverse fasi output differenziati all'interno di un quadro organico ed unitario. Le variabili decisionali del DSS sono costituite dai diversi livelli cognitivi del rischio potenziale sul territorio e dai gradi di allerta che possono essere indirizzati alla popolazione e/o alle forze di protezione civile dagli enti deputati alla predisposizione di misure preventive e alla gestione dell'emergenza.

Gli elementi progettuali dei moduli applicativi hanno privilegiato delle strutture logiche che possano essere ottimizzate in fase operativa alla luce di eventuali scostamenti tra scenari previsti e realtà dei fenomeni o dalla necessità di introdurre nuovi elementi per la valutazione del rischio.

Il quadro generale delle fasi per la gestione del rischio, indicato in figura 2, che risulta applicabile per tutte le tipologie di rischio, evidenzia le tre fasi di azione che risultano essere lo stato di conoscenza e di prevenzione, lo stato di allerta e crisi e lo stato di post-crisi.



*Figura 2 – Il quadro generale delle fasi per la gestione del rischio*

Per ogni fase del rischio il sistema consente di attivare delle specifiche funzionalità applicative ed in particolare:

- In fase conoscenza e prevenzione, il sistema consente da un lato l'aggiornamento e la fruibilità di mappe tematiche contenenti gli attributi di base e, dall'altro, la produzione di mappe tematiche a valore aggiunto (mappe di rischio, vulnerabilità, pericolosità, danno). La produzione delle mappe di rischio e la fruibilità dell'informazione territoriale a fini di prevenzione avverrà tramite la sinergia di modelli con analisi spaziali dedicate e applicativi GIS, supportati in generale da una modellazione previsionale e mediante la sovrapposizione successiva di differenti livelli informativi. Inoltre il modulo consente la fruibilità dei dati provenienti dalla rete di monitoraggio SVA e prevede l'integrazione di dati provenienti da altre reti esterne (in particolare la rete meteoropluviometrica regionale).
- In fase di allarme o crisi il sistema consente, oltre alla fruizione di tutte le funzionalità del modulo precedente, anche la gestione della rappresentazione degli scenari di rischio a seguito di una segnalazione di allarme proveniente sia dalla rete di monitoraggio SVA che da fonti esterne. Il sistema prevede l'attivazione automatica delle procedure di valutazione del rischio e fornisce scenari di rischio in relazione alle aree e agli elementi potenzialmente esposti. Le mappe di rischio sono fornite con indici di pericolosità in modo che in relazione alla probabilità che si verifichi (o si propaghi l'evento), i soggetti interessati possano essere in grado di definire opportune procedure di intensificazione del monitoraggio e/o di intervento.
- In fase di post-crisi, il sistema consente la gestione delle procedure di aggiornamento dei dati tematici coinvolti nell'evento (es. aggiornamento catasti incendi, mappe inventario, ecc.) e delle mappe di rischio, oltre alle procedure di valutazione del danno.

Il sistema che, come illustrato in figura 1, prevede numerose interfacce per i diversi sottosistemi, utilizza a livello generale i seguenti elementi di input:

- layer informativi immagazzinati nel database (dati tematici);

- dati di monitoraggio provenienti dalla rete di monitoraggio SVA, acquisiti via SCADA e filtrati e validati dal sistema di supervisione e controllo;
- dati provenienti da reti esterne, in particolare dalla rete meteopluviometrica esistente;
- dati statistici;
- dati provenienti da modelli e tool di analisi.

L'operatività del Sistema di gestione, controllo e supervisione, e direttamente connessa al contesto operativo di utilizzo. Infatti nella fase standard il sistema sarà di supporto all'utente utilizzatore fornendo informazioni territoriali necessarie alle normali attività di pianificazione e prevenzione, mentre durante la fase di allarme, l'elaborazione delle informazioni è finalizzata alla gestione di un evento critico.

Un fondamentale elemento di supporto al sistema è costituito dall'insieme dei modelli applicativi per l'analisi e la valutazione del rischio, che ha l'obiettivo di generare procedure di analisi e di valutazione che tengano conto della complessità del sistema territoriale, della componente spaziale, delle sue variabili (geografiche, ambientali, sociali ed economiche) e delle relazioni tra le stesse.

I modelli applicativi realizzati nell'ambito del SVA consistono di applicazioni in ambiente GIS di modelli di analisi spaziale a criteri multipli integrata da un supporto di analisi statistiche.

Le potenzialità delle tecnologie GIS unite alle tecniche di analisi multicriteri (e in alcuni casi allo sviluppo di modelli matematici) sono state sintetizzate in un modello di GIS "intelligente" in modo da consentire di eseguire indagini sulla sensibilità del territorio in relazione al tipo di rischio preso in considerazione.

Le metodologie di analisi sono applicate in diversi domini di rischio ed in particolare:

- rischio esondazione;
- rischio frane e dissesti idrogeologici
- rischio incendi;
- rischio industriale
- rischio sismico;

Le aree a maggior rischio risultano individuate ed ordinate mediante il metodo di analisi gerarchica spaziale AHP (Analytic Hierarchy Process) (Malczewski, 2000), (Hilton, 2007) specificatamente adattato per le diverse tipologie di rischio.

#### 4. Conclusioni

La realizzazione di un Sistema di Vigilanza Ambientale di livello regionale costituisce una notevole progressione nella definizione di sistemi di previsione rischi e di allerta che siano realmente efficaci e praticamente utilizzabili.

Nel caso esaminato, il sistema è in corso di realizzazione a livello regionale e presenta elementi di sicuro interesse che potranno essere adeguatamente sperimentati ed affinati a livello di esercizio.

#### Bibliografia

- Balram S., Dragicevic S. (2006), "Collaborative Geographic Information Systems", IGI Publishing
- Brimicombe A. (2003), "Gis, Environmental Modelling and Engineering", Taylor & Francis
- Consorti V. (2006), "Applicazioni GIS orientate operanti in IDC", Geomedia N.01/2006 – Geo4All editore.
- DeMers M. (2002), "Fundamentals of Geographic Information Systems", John Wiley & Sons
- Drummond J. et al. (2007), "Dynamic and Mobile Geographic Information Systems", CRC Press
- Malczewski J. (2000), "GIS and Multicriteria Decision Analysis", John Wiley & Sons
- Ren Peng Z., Hsiang Tsou Z. (2003), "Internet GIS: Distributed Geographic Information Services for the Internet and Wireless Network", John Wiley & Sons
- Scally R. (2006), "Gis for Environmental Management", Esri Press
- Hilton B. N. (2007), "Emerging Spatial Information Systems and Applications", IGI Global
- Stefanakis E. (2005), "Geographic Databases and GIS", Springer
- Zlatanova S., Fendel E. Van Osterom P. (2005), "Geo-Information for Disaster Management", Springer