

TECNICHE GIS PER LO STUDIO DEI TERRITORI A RISCHIO
GIS IN MANAGEMENT OF RISK

Gianni Andreani* & Margherita Azzari**
g.andreani@geosystems.it; azzari@unifi.it

Riassunto

Lo scopo di questo articolo è quello di evidenziare il ruolo dei Sistemi Informativi Geografici nella gestione del rischio e della vulnerabilità, nella riduzione dell'impatto ambientale, nella prevenzione e riduzione dei disastri, nella gestione di situazioni critiche e per la diffusione di una cultura di prevenzione.

Parole chiave: *GIS, rischio ambientale e sociale*

Abstract

The aim of the paper is to underline the role of GIS in monitoring risks and vulnerability, in mitigating environmental impacts, in prevention and reduction of disasters, in the management of the situations of crisis; in diffusion of a culture of prevention.

Keywords: *GIS, environmental and social risks*

* Geosystems, Firenze

** Dipartimento di Studi Storici e Geografici, Università degli Studi di Firenze

“Nessuno ha mai commesso un errore più grande di colui che non ha fatto nulla solo perché poteva fare troppo poco”

(E.Burke, A Vindication of Natural Society, 1756)

Premessa

La crescente frequenza di emergenze di varia natura rende sempre più pressante l'esigenza di una conoscenza puntuale e approfondita del livello di rischio a cui ogni territorio è soggetto.

Così, mentre la politica cerca di rispondere a questo stato dei fatti organizzando il sistema che correla le varie componenti della Protezione Civile ed estendendone le competenze agli aspetti di prevenzione oltre che alle tradizionali responsabilità durante la gestione delle emergenze, la comunità scientifica è chiamata a uno sforzo sempre maggiore volto alla definizione degli scenari di rischio e alla realizzazione di modelli di previsione e prevenzione.

In questa breve nota si vogliono sottolineare alcuni aspetti che spiegano perché l'uso della tecnologia GIS (Geographical Information Systems)¹ ben si adatta all'analisi delle varie tipologie di rischio e evidenziare le caratteristiche di un approccio geografico alla definizione di territori a rischio ed alla messa a punto di procedure per la previsione e la prevenzione dei rischi.

Rischi inevitabili, evitabili, accettabili

Per rischio si intende la probabilità che una situazione potenzialmente di minaccia produca un danno. Gli elementi che costituiscono/definiscono un rischio sono:

- la pericolosità, cioè la possibilità del verificarsi di una situazione di minaccia;
- l'esposizione, ossia l'esistenza di beni suscettibili di essere coinvolti dalla situazione di minaccia;
- la vulnerabilità, cioè l'effettiva possibilità che tali beni subiscano danni per effetto di tale coinvolgimento.

Per analizzare il concetto di rischio è quindi necessario introdurre quello di bene irripetibile. Con tale termine si indica qualunque tipo di bene che non possa essere riportato alla situazione pre-evento senza alterarne la natura ed il valore intrinseco.

Il primo dei beni irripetibili, come è ovvio, è la vita umana, alla salvaguardia della quale deve essere orientato ogni sforzo sia in fase di prevenzione che di intervento durante l'emergenza. Ma altri beni irripetibili sono le innumerevoli opere d'arte presenti sul nostro territorio, i paesaggi frutto di un processo secolare di costruzione, le emergenze ambientali, beni indispensabili quali

¹ Sotto questa voce vengono riunite, in modo esteso, tutte quelle specializzazioni dell'informatica orientate alla cartografia digitale, alla raccolta ed analisi di dati riferiti ad elementi georeferenziati (identificati con una forma e una localizzazione sul globo terrestre), alla loro integrazione con banche dati alfanumeriche e alla loro condivisione. Le riflessioni che seguono sono frutto del lavoro congiunto dei due autori. In particolare sono da attribuire a Gianni Andreani i paragrafi 2 e 3 e a Margherita Azzari il paragrafo 4.

aria, acqua e suolo. Anche in quest'ultimo caso l'alterazione della risorsa, si pensi per esempio alle falde acquifere dell'Appennino toscano segnate da interventi antropici disastrosi, è destinata a minare un bene collettivo che è arduo ricostruire nella sua potenzialità.



Figura 1. *Classificazione dei Comuni toscani in base alla pericolosità sismica* (Azzari, 2006). Il primo passo verso la prevenzione è la classificazione preventiva in zona sismica dei Comuni, che comporta l'obbligo di norme antisismiche nella costruzione degli edifici. A tale intervento dovrà necessariamente seguire la messa a punto di una carta del rischio che tenga conto di una molteplicità di fattori e non solo del dato relativo alla frequenza degli eventi disastrosi.

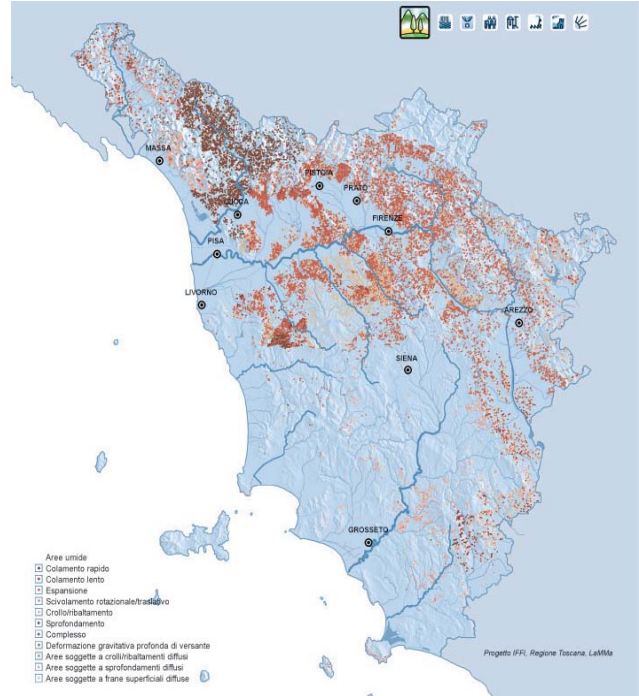


Figura 2. *Fenomeni franosi in Toscana* (Azzari, 2006). La Regione Toscana ha avviato nel 2000 l'esecuzione del Progetto IFFI, *Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia*. Le informazioni su ogni singolo evento franoso derivano dai Piani di Assetto Idrogeologico (PAI) delle Autorità di Bacino Regionali e Nazionali, integrati, ove possibile, dai Piani Territoriali di Coordinamento (PTC) delle Province, dai Piani Regolatori Generali (PRG) e dai Piani Strutturali (PS) dei Comuni, dalla Cartografia Geologica Nazionale (CARG) e dalla Cartografia Geologica Regionale.

Per ogni territorio è possibile misurare sia la probabilità che un evento possa verificarsi, sia l'impatto che tale evento avrebbe, sia il grado di accettabilità. Una situazione di rischio può essere considerata accettabile quando sia contenuta, in rapporto all'entità dei danni ipotizzati, in limiti quantitativi e qualitativi ritenuti sopportabili dalla collettività interessata. È evidente che in un ambiente profondamente trasformato dal progresso tecnologico, dagli insediamenti civili e produttivi e da tutti gli altri elementi della società industriale, non si può prescindere dalla necessaria convivenza con le situazioni di rischio generate dalle attività umane. Peraltro l'accettabilità di un rischio non si riduce a mero calcolo costi/benefici, ma deve basarsi sull'imprescindibile identificazione/valutazione dei beni da salvaguardare comunque, quali la vita umana nella sua integrità, l'ambiente e il tessuto socio economico di una collettività.

Molteplici sono le tipologie di rischio che devono essere considerate nella valutazione globale di un territorio. Di seguito ne citeremo alcune, senza la pretesa di essere esaustivi ma con lo scopo di evidenziarne le caratteristiche comuni e dimostrare come tali caratteristiche siano tipicamente adatte a essere indagate con metodologie GIS.

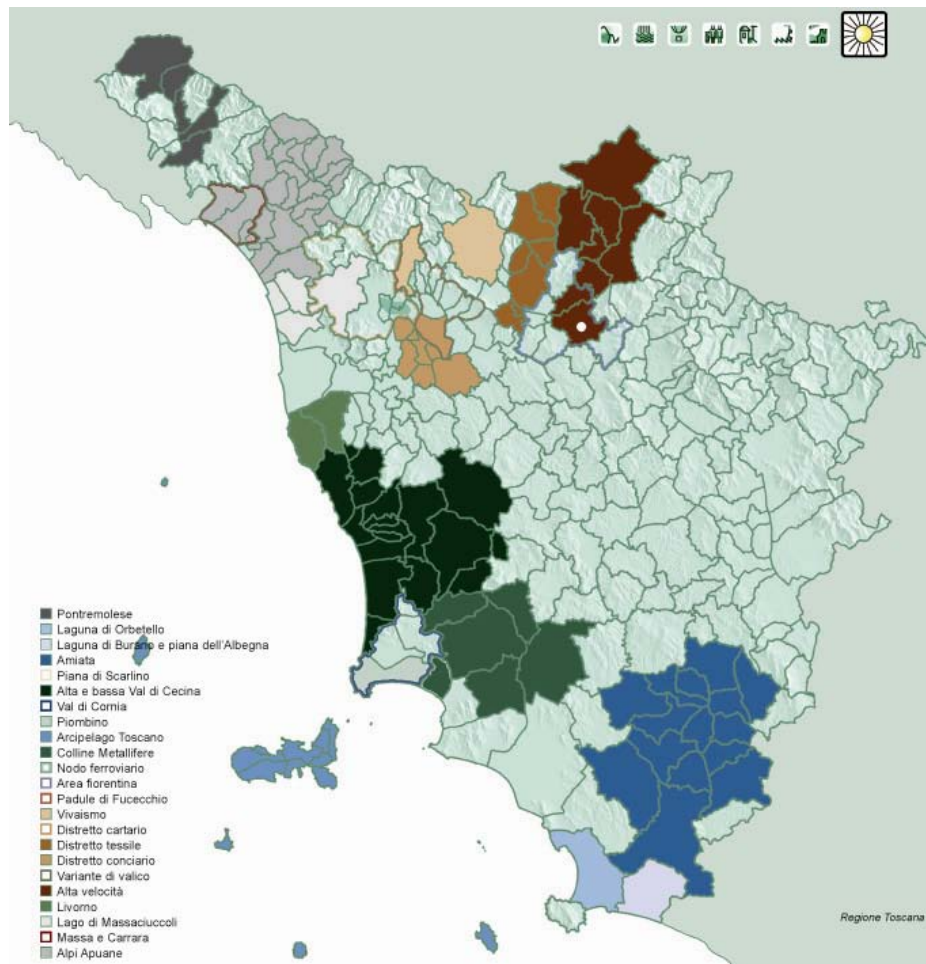


Figura 3. *Le zone di criticità ambientale Toscana* (Azzari, 2006). Il Piano Regionale di Azione Ambientale ha individuato sul territorio regionale 24 *zone di criticità ambientale*, ovvero specifici ambiti territoriali in cui sono presenti uno o più fattori di pressione ambientale che determinano una pluralità di impatti sull'ecosistema particolarmente significativi e che richiedono interventi fortemente contestualizzati e capaci di integrare efficacemente le diverse politiche ambientali e di settore (economiche, territoriali e per la salute). Le criticità ambientali che contraddistinguono gli specifici contesti locali sono varie e vanno dall'inquinamento delle acque superficiali, al dissesto idrogeologico, alle problematiche legate alla produzione di rifiuti speciali e così via. Per ciascuna zona di criticità il Piano Regionale di Azione Ambientale individua gli obiettivi prioritari di ripristino ambientale da conseguire a livello locale. La scelta di organizzare l'analisi e gli interventi per zone di criticità ambientale deriva dalla necessità di adottare un approccio integrato che tenga conto della complessità dei sistemi in oggetto. Ciò consente di individuare la scala territoriale adeguata per valutare ed affrontare i problemi e permette di porre particolare attenzione ai percorsi attuativi.

Se queste prime tipologie di rischio si generano a partire da situazioni ambientali o da fenomeni endogeni intrinseci della struttura del nostro pianeta, altre tipologie sono invece direttamente

derivanti dalla opera dell'uomo. Sempre più spesso infatti il termine emergenza è associato ad eventi di tipo epidemiologico o sanitario.

Si pensi ai vari casi di emergenza da inquinamento da agenti chimici (emissioni di gas serra, monossido di carbonio, biossido di zolfo, ossidi di azoto, idrocarburi, benzene, ozono, idrogeno solforato, il benzopirene e altri idrocarburi policiclici aromatici) e fisici (espressione con cui si identificano, in campo ambientale, i temi dell'inquinamento acustico, elettromagnetico (le radiazioni non ionizzanti), le radiazioni ionizzanti, le radiazioni ultraviolette, l'inquinamento luminoso e le vibrazioni), polveri fini (con diametro inferiore ai 10 micron, PM10) e all'impatto di attività produttive (agricoltura, industria, turismo, ...), o causati da epidemie che possono svilupparsi direttamente nell'area in esame o essere importate dalla migrazione di esseri umani o, sempre più spesso, da animali. Senza arrivare ai funesti casi di Ebola possiamo citare la più recente e non ancora esaurita epidemia aviaria che ha tenuto e tiene in allarme le strutture sanitarie mondiali.

Sono quindi da catalogare tra i rischi quelli derivanti dalla critica gestione dei flussi migratori o collegati ad eventi sociali che, pur nella loro normalità, possono degenerare in situazioni di rischio per l'ordine pubblico con pericolo per l'incolumità dei cittadini e per i componenti di quei musei a cielo aperto che sono le nostre città d'arte. Ormai la Protezione Civile ha incarichi di prevenzione non solo da calamità naturali ma anche di supporto alla gestione di eventi sociali (concerti, manifestazioni sportive, ecc) che se non gestiti correttamente possono dare luogo a situazioni di rischio.

Questa breve elencazione permette di enucleare alcune caratteristiche tipiche di più tipologie di rischio e di evidenziare esigenze nell'impostare corrette procedure di prevenzione e di gestione di eventi calamitosi che dovessero manifestarsi. Anche in questo caso vogliamo esaminare alcuni aspetti senza la pretesa di essere esaustivi ma con il solo intento di fornire spunti di riflessione.

Possiamo senz'altro dire che non esistono rischi semplici da definire. Se è vero che esistono fortunatamente rischi lievi non si può affermare che la lievità del rischio coincida anche con una semplicità nella sua identificazione e quantificazione. Tutti i rischi prima descritti derivano da molteplici fattori che interagiscono tra loro, siano essi naturali o antropici. Se è ovvio che la valutazione di un rischio sismico richiede la valutazione di fattori estremamente complicati da misurare e modelli di previsione complessi altrettanto si può dire dei mille parametri che influenzano il diffondersi di una epidemia, la valutazione delle popolazioni a rischio e il tracciamento delle dinamiche che regolano la sua diffusione. Se poi ci spostiamo sui rischi da eventi sociali, si comprende bene come anche la semplice previsione dei modelli di comportamento di una

folta spaventata che cerca di uscire da uno stadio rappresenti problemi di modellazione veramente difficili da affrontare.

Il ruolo dei Sistemi Informativi Geografici nell'analisi del rischio finalizzata alla prevenzione, alla previsione e alla gestione delle emergenze

La complessità del rischio richiede quindi la capacità di esaminare fattori anche molto diversi tra loro e di correlarli nel modo più dinamico ed efficiente possibile, oltre alla necessità di elaborare moltissimi dati per ottenere risposte significative in termini di previsione.

Un secondo aspetto tipico per tutte le tipologie di rischio esaminato è che tutti gli elementi da prendere in considerazione hanno una loro collocazione ed estensione territoriale e sono quindi mappabili, direttamente o indirettamente, sia che si tratti delle informazioni da esaminare per identificare un rischio sia che si debba esaminare i possibili target dell'evento calamitoso.

Dalla descrizione delle varie tipologie di rischio e dall'elenco dei beni che debbono essere salvaguardati sono emersi due aspetti complementari: da un lato la necessità di conoscere e descrivere il territorio oggetto della valutazione in termine di elementi naturali e dall'altra la altrettanto necessaria conoscenza della localizzazione della popolazione e delle attività che svolge sul territorio. Nessun rischio è quindi ben descrivibile ed analizzabile senza le due componenti: caratteristiche fisiche del territorio, presenza ed attività dell'uomo.

Un ulteriore aspetto da considerare è la necessità di confrontare elementi geografici di natura e forma diversa, quindi quasi mai correlabili tra loro in forma di relazione alfanumerica, e di esaminarli in serie storiche (in modo diacronico), per studiare le dinamiche che interagiscono e si modificano nel tempo in una stessa area.

Un sistema GIS è senz'altro uno strumento che validamente può soddisfare le esigenze sopra descritte. Come è noto un GIS è un sistema informativo fortemente orientato a trattare dati geografici. Trattandosi di un "sistema" comprende sia una struttura fisica (hardware) con cui memorizzare ed elaborare le informazioni che le logiche organizzative per l'accesso e l'utilizzo delle funzionalità e dei dati che mette a disposizione. Quindi un GIS correttamente progettato ha tutte le potenzialità di un sistema informatico tradizionale, tra cui: affidabilità, velocità di elaborazione, ripetitività dei processi, scalabilità, estendibilità.

Ma è la componente geografica che distingue e caratterizza un sistema GIS da un qualsiasi altro tipo di sistema informativo. Il principio fondamentale che regola tutta l'impostazione GIS prevede infatti la creazione di livelli informativi composti da elementi ciascuno fornito di una specifica forma, che descrive l'estensione del fenomeno, localizzata in una determinata parte del globo terrestre attraverso una serie di coordinate relative a uno specifico sistema di riferimento cartografico. A ciascun elemento geografico è possibile associare una serie di attributi che lo

descrivono dal punto di vista qualitativo, mentre apposite funzioni software permettono di effettuare operazioni matematiche sugli attributi e confrontare, analizzando le loro relazioni spaziali, caratteristiche territoriali ed eventi che avvengono nell'area in esame. È così possibile mettere a confronto dati provenienti da fonti diverse, anche quando non esistono correlazioni se non quelle dettate dalla posizione geografica reciproca.

Un approccio multidisciplinare integrato alla complessità del rischio

La capacità di sovrapporre informazioni, indagare le relazioni spaziali tra fenomeni descritti su basi dati di provenienza diversa, processare grandi moli di informazioni grazie a strutture dati specializzate, evidenziare i luoghi in cui specifiche condizioni sono presenti simultaneamente, classificare gli elementi in base a specifiche caratteristiche, costruire automaticamente cartogrammi statistici che rappresentano la distribuzione di specifiche caratteristiche sono solo alcune delle potenzialità che un sistema GIS può fornire agli studiosi delle varie tipologie di rischio.

La capacità di implementare strumenti e procedure di analisi proprie di diversi ambiti di ricerca può, inoltre, agevolare un approccio multidisciplinare all'analisi del rischio, il più idoneo in considerazione della sua complessità.

Per quanto riguarda, ad esempio, la prevenzione e la mitigazione del pericolo idraulico e da frana la Regione Toscana ha realizzato un archivio finalizzato alla messa a punto di un piano di assetto idrogeologico e alla pianificazione territoriale delle aree a rischio.

Relativamente al rischio idraulico, sulla base dei dati forniti dalle Autorità di Bacino della Toscana, sono state definite tre classi di attenzione dipendenti dalla frequenza dei fenomeni esondativi nell'arco di intervalli di tempo crescenti². Ogni area, in relazione al livello di attenzione attribuito, viene sottoposta a specifici vincoli dal punto di vista urbanistico e, nel caso, fatta oggetto di progetti per la realizzazione di opere finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico.

Per quanto il rischio di frana sono state individuate aree caratterizzate da instabilità elevata (frane quiescenti, aree interessate da una potenziale estensione dell'area in frana, aree geomorfologicamente molto precarie) e molto elevata (frane attive o frane con indizi di riattivazione in tempi brevi, aree esposte a possibili fenomeni di crollo) per le quali è previsto il monitoraggio dei movimenti gravitativi e la bonifica e messa in sicurezza dei versanti in frana³.

Nel caso specifico sono stati considerati due macroindicatori: rischio frana e rischio idraulico, ma è evidente la necessità di valutare e integrare nel modello che misura la pericolosità, al fine di

² Livello di attenzione alto (tempo di ritorno: < 30 anni); livello di attenzione medio (tempo di ritorno: 30-200 anni); livello di attenzione basso (tempo di ritorno: 200-500 anni). Le aree a rischio più elevato sono risultate quelle prossime ai corsi d'acqua principali, in particolare Arno e Magra e le aree costiere prossime alle foci

³ Il rischio geomorfologico è risultato maggiore lungo l'intero arco appenninico, in alta Versilia e lungo il corso del Fiora nella zona dei tufi.

realizzare modelli di previsione, le serie storiche di eventi calamitosi, le trasformazioni degli assetti territoriali, un ampio set di indicatori socio economici (dalla dinamica demografica, alla distribuzione/caratteristiche delle attività produttive, ecc.). Per valutare esposizione e vulnerabilità (e realizzare modelli di prevenzione) è necessario valutare il rischio per i singoli beni e per il territorio nel suo complesso attribuendo un peso opportuno ai diversi indicatori acquisiti combinando indagine geostorica, ricerca sul terreno, analisi geostatistica e qualitativa; valutare la percezione del rischio; attivare la partecipatività alle scelte di prevenzione e/o mitigazione del rischio.

Un macroindicatore è sicuramente una base di partenza di grande utilità, può essere uno strumento per orientare la distribuzione di risorse economiche o per imporre norme minime di tutela, ma non può essere considerato una base conoscitiva sufficiente per predisporre modelli di previsione o prevenzione. È tuttavia sempre necessario lavorare al miglioramento in termini di accuratezza delle basi di dati cui il macroindicatore fa riferimento adottando strumentazioni, tecnologie e metodologie sempre più sofisticate (si pensi all'uso del laser scanning per la creazione di DTM utili per la definizione di modelli di previsione di rischio idraulico) per ottenere una zonazione efficace.

In sintesi possiamo dire che, pur nella varietà delle tipologie di rischio, emerge sempre la necessità di integrare, confrontare e correlare informazioni di diversa natura, nella quasi totalità georeferenziate o georeferenzabili, privilegiando, se possibile, un'analisi che tenga conto del fattore tempo e strumenti che ne consentano un efficiente trattamento.

I beni vulnerabili da tutelare possono essere facilmente localizzati sul territorio. Le opere d'arte sono georeferenzabili grazie alla loro forma identificabile sulla cartografia, se si tratta di beni immobili, oppure grazie alle relazioni logiche con i loro contenitori (musei, ville, palazzi, ecc) se beni mobili. La posizione degli esseri umani, e delle attività che svolgono sul territorio, può essere stabilita grazie ai dati, georeferenzati, dell'ISTAT, ad esempio, oppure tramite la posizione dei numeri civici che materializzano gli indirizzi di famiglie e delle attività produttive conservati in archivi anagrafici o database gestionali specifici.

Associando alle informazioni degli intervalli temporali di validità o date di rilevamento è possibile produrre analisi sulle dinamiche naturali o sociali, seguendone l'evoluzione. Allo stesso modo possono essere descritti gli interventi che vengono fatti per ridurre i livelli di pericolo o per portare in salvo tutte le tipologie di beni da salvaguardare.

La possibilità di localizzare i dati di interesse, di seguirne spostamenti e modificazioni delle intensità dei fenomeni nel tempo, rendono un GIS strumento ottimale per l'analisi dei rischi ambientali e sanitari⁴.

Le grandi capacità di sintesi di temi cartografici, di mappatura di dati ricavati da indagini geognostiche, la possibilità di effettuare rappresentazioni tridimensionali che evidenzino le relazioni spaziali tra le diverse formazioni rocciose, sono solo alcune delle caratteristiche impiegabili con successo nello studio del rischio sismico. La possibilità di produrre automaticamente carte di pendenze ed esposizioni, di sovrapporre e sintetizzare in modo pesato i vari tematismi che insistono nell'area in esame, garantisce uno strumento fondamentale nell'analisi territoriale necessaria per la valutazione di molte tra le tipologie di rischio precedentemente citate.

L'utilizzo di un sistema GIS, che sistematizza la conoscenza e mette a disposizione innumerevoli funzionalità di elaborazione e confronto di dati, fornisce supporto ad importanti linee di studio.

Per concludere, possiamo citare alcuni utilizzi di sistemi GIS per la valutazione e gestione dei rischi nelle varie fasi di approccio al problema.

Acquisizione della conoscenza

Costituisce la prima fase di qualunque progetto. Riguarda la presa di conoscenza del problema e delle caratteristiche di tutti gli attori in gioco. La definizione del dominio del problema è di gran lunga facilitata dalla capacità di razionalizzazione della conoscenza guidata dallo schema per livelli informativi ed attributi degli elementi geografici che costituiscono il paradigma base del GIS.

⁴ Si può, al riguardo, citare un progetto di ricerca che vede coinvolti ARPAT, l'Università di Firenze (Laboratorio di Geografia del DSSG e Dipartimento di Pediatria) e l'Istituto di Fisica Applicata del CNR di Firenze che mira a valutare l'associazione di leucemie e linfomi infantili con possibili fattori di rischio chimici e fisici.

Su commissione della Regione Toscana e nell'ambito delle attività istituzionali di monitoraggio dell'inquinamento, ARPAT ha stipulato una convenzione con l'Istituto di Fisica Applicata del CNR di Firenze per la predisposizione di un'applicazione di calcolo del campo elettromagnetico generato da elettrodotti (onde a bassa e bassissima frequenza). Parallelamente, sempre con il supporto del CNR-IFAC, è stata avviata la predisposizione del Catasto degli Elettrodotti della Regione Toscana (CERT), un database geografico che contiene informazioni, sia geografiche (tracciati, posizione 3D sostegni e "officine" elettriche), sia tecniche (tipologia e caratteristiche geometriche dei sostegni, caratteristiche dei conduttori, tensione di esercizio e corrente), popolato sulla base dei dati forniti dai gestori e di sopralluoghi sul campo. L'applicazione, denominata PLEIA, basandosi sulle leggi fisiche che riguardano i campi elettrici e magnetici, effettua una stima del livello di campo elettromagnetico, sia in due che in tre o quattro dimensioni, sfruttando un modello basato sulle caratteristiche geometriche dei sostegni che sulla morfologia del terreno. In questo modo possono essere calcolate sia le fasce di rispetto in conformità con la normativa vigente (peraltro in corso di definizione) e fasce di isocampo, sia il livello di campo nello spazio in base ad un grigliato regolare ("tubo 3D"). L'applicazione per la modellistica può dirsi sostanzialmente completata ed è in corso la sua implementazione con moduli che consentono l'interfacciamento diretto con i software GIS più utilizzati (sia ESRI che open source); la validazione della bontà delle stime, effettuata tramite misure in campagna del campo elettromagnetico, ha dato ottimi risultati. E' ancora in corso il popolamento del catasto, che si scontra principalmente con difficoltà nel recupero dei dati tecnici sugli elettrodotti. I primi risultati relativi alle possibili correlazioni tra inquinamento elettromagnetico e leucemie infantili sono pubblicati in questo CD-ROM. Analogamente a quanto viene fatto per gli elettrodotti, ARPAT sta utilizzando un'applicazione commerciale per la modellazione del campo elettromagnetico generato da impianti di radio-comunicazione (antenne cellulari e ripetitori per radio e TV) utilizzando dati geografici di base (DTM), dati geografici e tecnici sulle antenne, misure puntuali sul campo, misure in continuo tramite apposite centraline (FUB - Fondazione Ugo Bordoni).

La necessità di ricondurre tutte le informazioni ad elementi geografici rappresentati sul territorio da punti, linee, aree, griglie regolari o triangoli, o dalle loro composizioni, costringe ad un'opera di organizzazione di dati ed idee che a prima vista può sembrare una limitazione ma che in realtà è la base per proseguire in una analisi corretta dei dati e dare alla ricerca il necessario respiro.

La capacità della componente geografica di integrare varie sorgenti di informazioni e di dettare le linee guida per la individuazione delle relazioni che esistono tra elementi territoriali, popolazione ed attività, rischi, costituisce uno strumento potente per indagare la complessità delle dinamiche naturali e sociali.

La grande capacità di un sistema GIS di relazionare sorgenti di dati di diversa provenienza collocando le informazioni entro gli elementi territoriali che fungono da attrattori di conoscenza (es. gli isolati urbanistici, i numeri civici, le zonazioni amministrative, le aree CAP, ecc) porta a realizzare basi dati complesse che sempre più rappresentano il contenitore unico a cui attingono esperti delle diverse discipline per tratteggiare, in modo sinergico, la complessità degli scenari da esaminare. Tra i vantaggi da considerare bisogna quindi aggiungere la spinta alla condivisione della conoscenza e all'utilizzo di dati che, proprio perché condivisi, possono fornire una visione omogenea ai vari studiosi, nei vari momenti del loro coinvolgimento, e una metodologia in cui ciascuno valida i dati di propria pertinenza, rendendoli così informazione certificata, ed utilizza il resto delle informazioni che gli vengono esposte dalle altre discipline⁵.

Identificazione dei territori a rischio

La capacità di calcolare e confrontare, in modelli diversi e sempre replicabili, indicatori della propensione al rischio, la capacità di analizzare nel tempo lo sviluppo dei fenomeni in esame e confrontare dati di varia natura usando la geografia (forma, diffusione e localizzazione) degli oggetti e dei fenomeni come schema su cui articolare le varie analisi, fornisce un grande aiuto nelle fasi di sintesi.

La zonazione potrà essere ottenuta attribuendo un peso opportuno ai diversi indicatori acquisiti combinando indagine geostorica, ricerca sul terreno, analisi geostatistica e qualitativa, e sfruttando le potenzialità della tecnologia GIS, in particolare la possibilità di lavorare con modelli dinamici e rappresentazioni multitypo e in ambienti multimediali e virtuali.

L'accurata analisi del territorio risulta funzionale anche per proporre un modello di ricostruzione adeguato non casuale migliorativo se possibile.

⁵ Un approccio multidisciplinare è stato utilizzato per un progetto di censimento degli edifici con coperture in cemento-amianto che ARPAT, in base alla normativa nazionale e su commissione della Regione Toscana, deve predisporre perché si possa procedere alla successiva messa in sicurezza, eliminazione e bonifica. In collaborazione con il Laboratorio di Geografia (Dipartimento di Studi storici e Geografici, Università di Firenze) è stata sperimentata una

Predisposizione di strumenti per la prevenzione

Conoscere la localizzazione dei target da proteggere, la distribuzione delle aree a rischio, la conoscenza delle vie di comunicazione, la distribuzione della popolazione (e delle sue caratteristiche di fragilità di fronte ad eventi calamitosi), la possibilità di sovrapporre geograficamente alle aree a rischio le cartografie dei piani di emergenza predisposti preventivamente; tutto questo (e molto altro) può essere il risultato dell'applicazione di tecniche GIS per la protezione civile.

Se non vi può essere previsione senza conoscenza è altrettanto vero che solo una conoscenza geograficamente localizzata può consentire di valutare fenomeni originati dalla compresenza di vari fattori, sia naturali che antropici, e di derivarne sintesi geografiche in grado di evidenziare i vari livelli di rischio.

Gestione dell'emergenza

La possibilità di far condividere alle varie strutture di intervento la stessa base di conoscenza permette poi di ottimizzare le attività di prevenzione e una eventuale gestione dell'emergenza.

Le attività di intervento a seguito dell'avverarsi di un evento calamitoso non possono prescindere dal localizzare geograficamente le aree colpite, i beni irriproducibili da salvare, le risorse da mettere in campo (uomini e mezzi), dalla pianificazione degli spostamenti, dal realizzare viste dinamiche dei cambiamenti che avvengono nello scenario in cui si combatte la battaglia dell'emergenza.

Grazie alla lingua franca della geografia, è possibile condividere la conoscenza, permettendo di innescare il ciclo virtuoso della partecipazione, creando sinergie tra popolazione e istituzioni, tra le strutture e il volontariato, tra studiosi e operativi, così da sviluppare un'unica squadra virtuale orientata alla conoscenza del rischio e alle operazioni per contrastarlo.

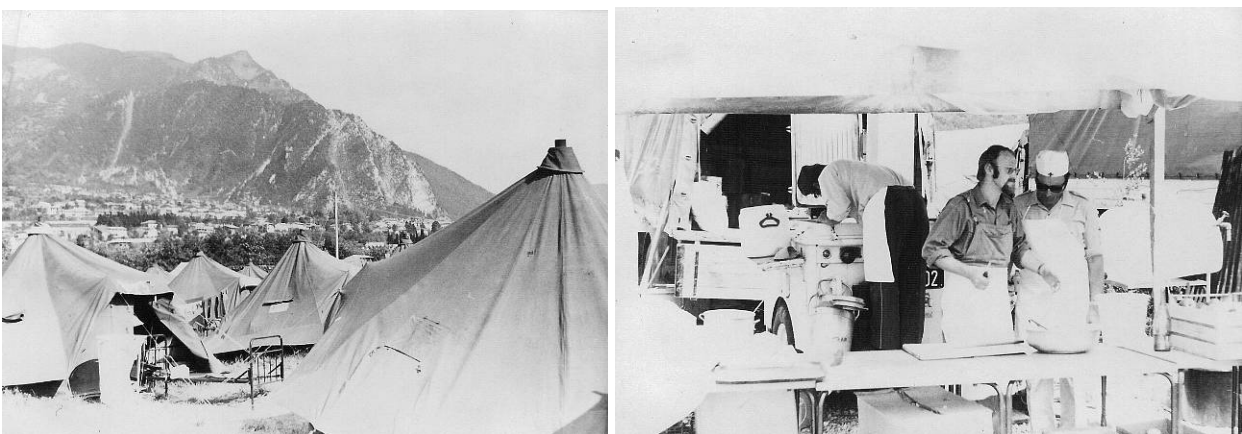


Figure 4-5. *Gemona, 14 maggio 1976. La tendopoli e la cucina da campo (foto G. Bondesan).*

procedura per l'individuazione semiautomatica, tramite strumenti GIS, di aree o edifici industriali ad elevata probabilità di presenza di coperture in cemento-amianto i cui risultati sono pubblicati in questo CD-ROM.

Da non sottovalutare in questa fase la valutazione di parametri sociali tra cui, in particolare, la percezione del rischio, aspetto di grande rilevanza che non è possibile trattare per limiti di tempo, ma che coinvolge sicuramente il geografo in prima persona.

Comunicazione

Se la condivisione delle informazioni tra esperti dei vari settori è la base per una corretta prevenzione e gestione dell'emergenza, non bisogna, infine, sottovalutare un altro importante risvolto che è quello della comunicazione alla cittadinanza. Poter fornire servizi in tempo reale che rappresentino su cartografie, appositamente realizzate per i non addetti ai lavori, le varie tipologie e livelli di rischio presenti e le attività di prevenzione che sono state predisposte può modificare radicalmente la percezione del rischio nella popolazione, contribuendo a una conoscenza consapevole e alla diffusione di una cultura della protezione civile avanzata e moderna.

Anche la produzione di atlanti tematici⁶ trova nel GIS uno strumento di supporto ormai indispensabile. Le sua capacità di associare in tempo reale graficismi personalizzati ad elementi geografici così da tradurre in modo efficace informazioni che descrivono qualità o quantità, rende la produzione di tavole tematiche estremamente agevole. Gli algoritmi di conversione dei dati geografici tra vari sistemi di riferimento e l'acquisizione dell'informazione geografica in coordinate reali permette, inoltre, di sovrapporre o confrontare cartografie prodotte con specifiche diverse.

Utilizzando i servizi forniti da applicazioni webgis si possono, infine, coinvolgere cittadini ed organizzazioni, proponendo loro di localizzare su una base di riferimento comune e di facile comprensione le loro segnalazioni, aprendo così ad una raccolta di dettaglio di tutti gli indizi che possano permettere una conoscenza sempre più dettagliata ed aggiornata del territorio.

Conclusioni

I geografi hanno senza dubbio le competenze per mettere a punto i necessari strumenti per la definizione di indicatori di rischio, ma devono lavorare in modo interdisciplinare e utilizzare al meglio le nuove tecnologie che facilitano sinergie tra approcci diversi e complementari e la

⁶ Un esempio di comunicazione relativo al tema in oggetto è l'Atlante GeoAmbientale della Toscana in cui si è cercato di sistematizzare, grazie allo strumento GIS, informazioni prodotte in tempi diversi, a diversa scala e per diverse finalità. Il *focus* è sulle problematiche dell'ambiente e sulle politiche per la sostenibilità in Toscana, ma si è ritenuto indispensabile inserire tali problematiche nel contesto della complessa realtà regionale. È organizzato in sette sezioni: *Terra; Acqua; Aria; Popolazione; Insediamenti e Infrastrutture; Attività produttive, Energia, Rifiuti; Natura e Cultura*. L'ultimo capitolo, *Sviluppo e Sostenibilità Ambientale*, è dedicato alle riflessioni conclusive sulle politiche ambientali e per la sostenibilità in Toscana nel quadro europeo ed internazionale, in relazione alle principali criticità e agli interventi in tema di riassetto del territorio e di promozione dell'educazione ambientale e del consumo sostenibile. Attraverso carte tematiche, grafici, dati statistici, sintesi, fotografie, immagini da satellite si è cercato di partecipare conoscenze e, attraverso la correlazione delle informazioni offerte, stimolare alla valutazione delle relazioni di causa/effetto per creare consapevolezza e adesione partecipata alle politiche per la tutela del territorio.

trasmissione/circularità delle conoscenze. Devono inoltre essere capaci di disseminare i risultati delle proprie ricerche per creare consapevolezza e una cultura di prevenzione.

La parola d'ordine è dunque farsi coinvolgere, mettersi in gioco, produrre conoscenze e nello stesso tempo impegnarsi per la diffusione di una cultura di prevenzione. I benefici di tutto ciò non si vedranno, ma non per questo saranno meno preziosi e, come ebbe a scrivere Kofi Annan, “they are the disasters that did not happen”⁷.

Riferimenti bibliografici

AA.VV., *Segnali climatici, Il cambiamento climatico dagli scenari globali alle strategie locali*, Regione Toscana – IBIMET CNR, Roma, Sintesi Grafica, 2005

AZZARI M. (a cura), *Atlante GeoAmbientale della Toscana*, Giunta Regionale Toscana, Novara, De Agostini, 2006

AZZARI M., *Indicatori e strumenti per la valutazione della sostenibilità di progetti di sviluppo locale*, in Meini M. (a cura) *Mobilità e Territorio. Flussi, attori, strategie*, Bologna, Patron, 2008

AZZARI M., FAVRETTO A., *Sistemi Informativi Geografici e telerilevamento per il monitoraggio e la gestione delle acque*, in Grillotti M.G., *Atlante tematico delle acque italiane*, Genova, Brigati, 2008

BALESTRA G., BERTOZZI R., BUSCAROLI A., GHEPARDI M., VINELLO G., *Applicazioni dei sistemi informativi geografici nella valutazione delle modificazioni ambientali e territoriali*, Milano, FrancoAngeli, 1996

BOTTA G. (a cura), *Prodigi paure ragione*, Milano, Guerini, 1991

BRUSA C., *Geografia e percezione dell'ambiente*, Torino, Giappichelli, 1978

CAMICIOTTOLI F., REDINI M., SURACE L., *Tecnologia laser-scanning e rischio idraulico*, Provincia di Arezzo, Servizio difesa del suolo, Pisa, Pacini, 2005

CHORLEY R.J., HAGGETT P. (eds.), *Models in Geography*, London, Methuen, 1967

CIPRIANI L.E., REGOLI C. (a cura), *Il Piano regionale di gestione integrata della costa ai fini del riassetto idrogeologico. Erosione costiera*, Giunta regionale toscana, Firenze, Edifir, 2004

ESSER G., “Global Land-Use Changes from 1860 to 1980 and Future Projections to 2500”, in *Ecological Modelling*, 44, pp.307-323

FEDERICI P.R., *Il punto sul maggiore rischio ambientale: l'esondazione del fiume Arno*, in LEONE U., *Rischio e degrado ambientale in Italia*, Bologna, Patron, 1998, pp. 189-213

GAMBINO R., *Conservare innovare. Paesaggio, ambiente e territorio*, Torino, UTET, 1997

GEIPEL R., CESA BIANCHI M. et al., *Ricerca geografica e percezione dell'ambiente*, Milano, Unicopli, 1973

GOUDIE A., *The Human Impact on the Natural Environment*, Oxford, Blackwell, 1990

GREENE R.W., *Open Access. GIS in e-Government*, Redlands, ESRI Press, 2001

HUGGETT R.J. (ed.), *Modelling Human Impact on Nature. Systems Analysis of Environmental Problems*, Oxford, Oxford University Press, 1993

⁷ Kofi Annan, *Facing the Humanitarian Challenge: Towards a Culture of Prevention*, UNGA(United Nations General Assembly), A/54/1 (1999)

- LEONE U. (a cura), *Le vie dell'ambiente tra geografia, politica ed economia*, *Geotema*, 3, I (1995), Bologna, Patron
- LEONE U., *Nuove politiche per l'ambiente*, Roma, Carocci, 2002
- LEONE U., *Rischio e degrado ambientale in Italia*, Bologna, Patron, 1998
- LONGLEY P.A., GOODCHILD M.F., MAGUIRE D.J., RHIND D.W., *Geographic Information Systems and Science*, New York, Wiley, 2001
- MANFREDI A. (a cura), *La ricostruzione nell'emergenza. Il modello Versilia*, Pisa, Pacini, 2002
- MEINI M. (a cura), *Mobilità e Territorio. Flussi, attori, strategie*, Bologna, Patron, 2008
- MENEGHINI S., *Risorse naturali e ambiente. Strumenti di valutazione*, Milano, FrancoAngeli, 2006-05-27 Regione Toscana, *Le politiche ambientali in Toscana. Bilancio e prospettive. 2000-2005*, Firenze, Regione Toscana – Edifir, 2005
- Petrini V. (a cura), *Pericolosità sismica e prime valutazioni di rischio in Toscana*, Giunta Regionale Toscana, Firenze, 1995
- PREZIOSO M., *Pianificare in sostenibilità*, Roma, Adnkronos, 2003
- REGIONE TOSCANA – DIPARTIMENTO DELLE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI (a cura), *Valutazione della qualità dell'aria ambiente e classificazione del territorio regionale*, Firenze, Centro stampa Regione Toscana, 2002
- REGIONE TOSCANA – DIPARTIMENTO DELLE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI (a cura), *La difesa del suolo in Toscana. Catalogo degli interventi di prevenzione e ripristino del dissesto idrogeologico*, Firenze, Castrucci, 2005
- REGIONE TOSCANA – DIPARTIMENTO DELLE POLITICHE TERRITORIALI E AMBIENTALI (a cura), *Segnali ambientali in Toscana 2006*, Firenze, Edifir, 2006
- REGIONE TOSCANA, *La via dell'eco-efficienza*, Firenze, Regione Toscana – Edifir, 2005
- THOMAS R.W., HUGGETT R.J., *Modelling in Geography: A Mathematical Approach*, London, Harper and Row, 1980
- VAN RIEL S., SEMPRONI M.P. (a cura), *Degrado del paesaggio e complessità territoriale*, Firenze, Alinea, 2005
- BISHOP R.C., ROMANO D. (eds.), *Environmental Resource Evaluation: Applications of the Contingent Valuation Method in Italy*, Boston, Kluwer Academic Press, 1998
- ONETO G., *Manuale di pianificazione del paesaggio*, Milano, Pirola, 1997
- ZELNY M., *Multiple Criteria Decision Making*, New York, MacGraw Hill, 1982