

L'EVOLUZIONE DEI GIS PER LA GESTIONE DEL TERRITORIO

L'USO DEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI (GIS) NELLE ANALISI AMBIENTALI È UTILE PER VALUTARE LO STATO AMBIENTALE DEL TERRITORIO, PER AIUTARE A PRENDERE DECISIONI, PER ORIENTARE LE STRATEGIE, PER INDIRIZZARE L'AZIONE DI GOVERNO. L'ESPERIENZA DI ARPA EMILIA-ROMAGNA E GLI SCENARI EVOLUTIVI VERSO SISTEMI INFORMATIVI PARTECIPATI.

I sistemi informativi territoriali com'è noto sono uno strumento conoscitivo di base per le politiche di gestione del territorio.

I sistemi informativi geografici servono innanzitutto per analizzare l'ambiente e stimare le sensibilità presenti, in definitiva per rispondere alle domande "quali sono le condizioni ambientali presenti?" e "quali sono gli ambiti compatibili con gli interventi pianificati e i progetti a maggiore impatto ambientale?".

Una caratteristica importante dei sistemi GIS è la possibilità d'incrociare ed elaborare informazioni eterogenee utilizzando la componente spaziale dei dati territoriali (le coordinate espresse in un sistema di riferimento comune agli strati informativi analizzati). Il risultato delle elaborazioni è rappresentato mediante *mappe tematiche*, cioè mappe che permettono di ottenere una visione sinottica del fenomeno oggetto di valutazione. I *tematismi* così prodotti trovano impiego in vari ambiti. Ad esempio nelle *valutazioni ambientali dei piani* (VAS) è fondamentale valutare i fenomeni realizzando mappe dei fattori ambientali positivi o negativi da pianificare, per distinguere zone territoriali equi-problematiche, cioè unità aventi caratteristiche, questioni di sviluppo, analoghi e in cui è possibile individuare omogenee condizioni di sviluppo. L'uso dei GIS nelle analisi ambientali è utile per inquadrare gli stati ambientali, per aiutare a prendere decisioni, per orientare le strategie, per indirizzare l'azione di governo territoriale.

Per pianificare attività sul territorio (*siting*) è utile creare mappe della sensibilità ambientale, intesa come la propensione delle componenti ambientali presenti a modificare il proprio stato se sottoposte a determinate pressioni antropiche.

Per produrre mappe di sensibilità per vari tipi di opere si può applicare il metodo delle mappe sovrapposte (*overlay-mapping*) sviluppato da Ian McHarg (1920-2001), un pioniere negli studi ambientali applicati alla pianificazione.

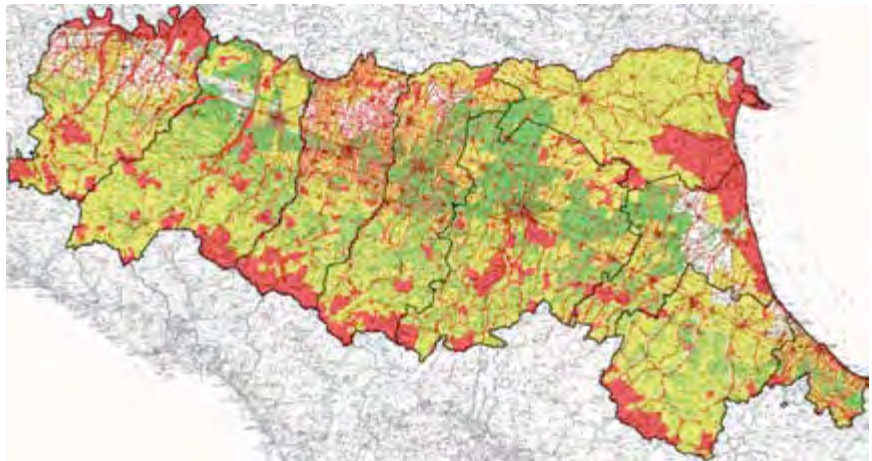


Fig. 1. Esempio di mappa della sensibilità ambientale per le centrali a biomassa utilizzata nella VAS del Piano energetico regionale della Regione Emilia-Romagna; in rosso le zone con *sensibilità critica* (le opere e le pressioni considerate sono incompatibili), in giallo le zone con *sensibilità avversa e incerta* (le opere possono comportare danni ambientali significativi ed è necessaria l'ulteriore valutazione dei fattori ambientali critici), in verde le zone con *sensibilità favorevole* (le opere considerate possono comportare impatti ambientali positivi; zone preferenziali con decisione automatica), senza colore le zone con *sensibilità neutra* (non sono noti fattori ambientali favorevoli o contrari, per cui potrebbe emergere nel tempo qualche necessità conoscitiva).

L'uso delle mappe di sensibilità ambientale nella pianificazione

Le mappe di sensibilità ambientale realizzate durante un processo di pianificazione orientano le valutazioni successive (es. le valutazioni di impatto ambientale dei progetti da approvare), aiutano a generare alternative e inducono all'azione, al monitoraggio, al controllo dei rischi, al risanamento degli ambiti degradati ecc. L'analisi della sensibilità ambientale andrebbe realizzata nelle fasi preliminari dei processi di piano; è utile redigere mappe di sensibilità, ancor prima di conoscere le scelte di un piano, per influenzare le opzioni possibili, per migliorare la corrispondenza tra le esigenze ambientali e le azioni di sviluppo del territorio.

Se le mappe di sensibilità sono assunte dal piano per governare la localizzazione delle opere esse si configurano come una sorta di *zoning* ambientale. L'efficacia di questa metodologia dipende, in modo cruciale,

dalla capacità di effettuare una lettura "incrociata" dei fattori ambientali, per rendere evidenti le sinergie d'azione.

I sistemi informativi geografici sono strumenti fondamentali per il monitoraggio ambientale; cioè aiutano a rispondere alla domanda "quali sono e dove si manifestano gli effetti ambientali degli interventi presenti a maggiore impatto ambientale?".

GIS e monitoraggio

Per *monitoraggio* s'intende la rilevazione di dati significativi su un contesto d'interesse. Il monitoraggio ambientale è finalizzato a comprendere lo stato ambientale attraverso l'uso degli indicatori, a informare e ad avvisare su difformità tra le reali condizioni di un ambiente rispetto a quelle desiderate. Spesso i termini *monitoraggio* e *controllo* sono erroneamente considerati sinonimi; in realtà il monitoraggio va considerato un processo funzionale al controllo: il controllo sottintende il monitoraggio

e in più richiede capacità di intervento, di retro-azione (*feedback*), per risolvere i problemi, identificati appunto attraverso il monitoraggio. Controllo e monitoraggio sono due fasi distinte di un ciclo solo. I sistemi di monitoraggio alimentano le basi di dati attraverso l'uso d'indicatori e sono investimenti conoscitivi essenziali; ma sono anche strumenti costosi, complessi e pongono problemi di ottimizzazione.

In molti casi, uno dei maggiori limiti delle politiche territoriali nel nostro paese è la difficoltà di un rapido riorientamento dei piani e dei progetti in funzione dei mutamenti ambientali e socio-economici; tale limite potrebbe essere superato prevedendo – come parte integrante della pianificazione e della progettazione – specifiche azioni di monitoraggio che permettano di introdurre correttivi prima dell'approvazione finale di piani e progetti.

Il monitoraggio ambientale dovrebbe essere considerato una questione complessa, da affrontare per fasi, con il supporto di sistemi GIS. Nella prima fase strategica del monitoraggio, bisognerebbe inquadrare le esigenze generali di controllo del territorio in questione, entro cui si inseriscono poi le singole necessità di monitoraggio.

In questa fase sarebbero necessarie piattaforme di condivisione (applicazioni geoweb) in grado di poter integrare la conoscenza prodotta dalla pluralità di attori coinvolti nella gestione della tematica territoriale.

Nella seconda fase operativa del monitoraggio bisognerebbe attuare un programma in grado di organizzare protocolli comuni sui metodi di rilievo degli indicatori, sugli ambiti da monitorare, sulla distribuzione delle misurazioni, sulla loro durata e frequenza, sulla logistica, sulle risorse necessarie, sui sistemi di controllo qualità e sicurezza. In questa fase operativa i GIS servirebbero sostanzialmente per sistematizzare degli indicatori rilevati. Infine nella fase di comunicazione degli esiti del monitoraggio bisognerebbe diffondere i dati rilevati. Anche in questa fase si potrebbe sviluppare quella che viene denominata *intelligenza collettiva* d'importanza strategica per lo sviluppo della società della conoscenza.

Sistemi informativi cooperativi per facilitare la partecipazione

Il fine vero del monitoraggio ambientale non è solo la produzione di indicatori affidabili, ma anche la loro diffusione: a nulla servirebbero i risultati dei rilievi se essi non fossero comunicati ai valutatori

FIG. 2
WEB GIS
EMILIA-ROMAGNA

Esempio di web-GIS con le mappe della sensibilità ambientale per le centrali a biomassa.

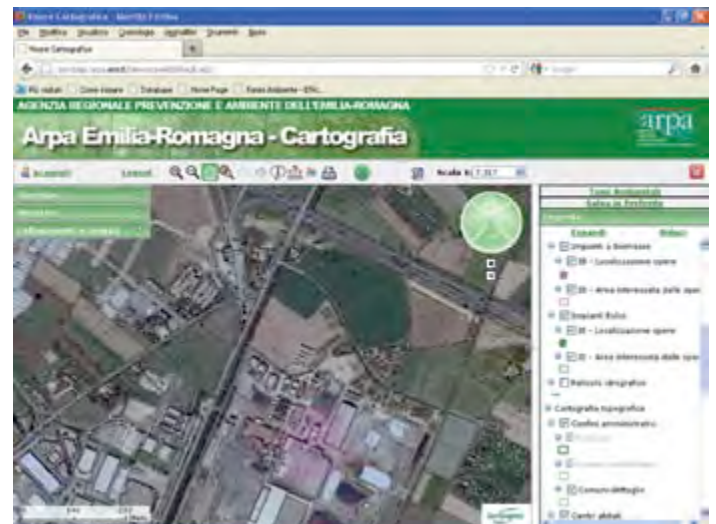
Fonte: Arpa Emilia-Romagna.



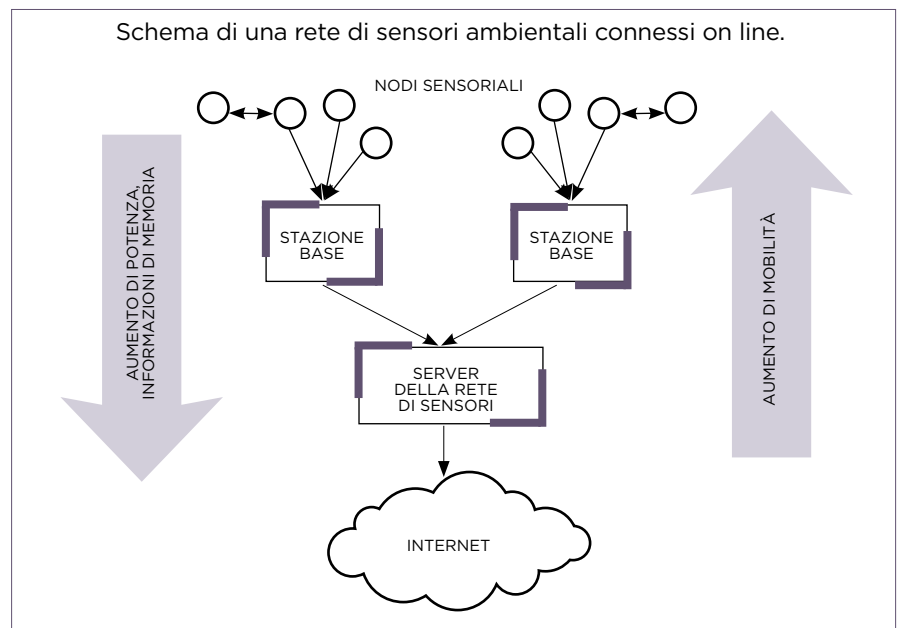
FIG. 3
WEB GIS
EMILIA-ROMAGNA

Esempio di web-GIS sulle infrastrutture e gli impianti energetici usata per il monitoraggio delle politiche energetiche regionali.

Fonte: Arpa Emilia-Romagna.



Schema di una rete di sensori ambientali connessi on line.



La rete WSN (Wireless Sensor Network) è caratterizzata da una architettura distribuita, composta da diversi nodi con dispositivi elettronici autonomi in grado di prelevare dati dall'ambiente e di comunicare tra loro. I nodi sensoriali non sono necessariamente statici, anzi la mobilità dei sensori in alcuni casi può essere molto alta (p.e. sensori per il rilievo di dati sulla qualità dell'atmosfera posti su persone o su aerei o su palloni sonda). Presso il server di rete i dati sono visualizzati e trattati, ad esempio con un Gis. Eventualmente possono essere combinate più informazioni e diffuse via Internet (p.e. sistema di rilevamento meteo on-line: www.eurometeo.com/italian/webcam).

ambientali, ai pianificatori, ai tecnici, agli amministratori del territorio, ai cittadini. I sistemi informativi geografici soprattutto potrebbero sostenere la partecipazione sociale in materia di ambiente; cioè servono per rispondere alla domanda “cosa pensano le organizzazioni e gli individui delle condizioni ambientali presenti e delle scelte a maggiore impatto?”.

Oggi gli utenti tipici di un sistema di monitoraggio normalmente sono gli esperti e gli analisti che sfruttano dati di base, archiviati in vario modo, per fare rapporti e studi. Più raramente i dati del monitoraggio ambientale sono direttamente fruiti dai decisori o dai cittadini. Ciò è legato anche ai problemi d'accesso alle tecnologie avanzate dell'informazione (*digital-divide* legato alla qualità inadeguata delle applicazioni usate sul web) e alla difficoltà di lettura degli indicatori ambientali da parte di chi non possiede una cultura tecnica specifica.

Per migliorare la partecipazione ambientale della gente dunque servono *mediazioni informative*. I mezzi per diffondere i dati del monitoraggio si stanno evolvendo in modo vertiginoso e stanno riducendo la distanza tra gli indicatori e i cittadini.

I sistemi informativi progettati e gestiti da un unico ente/istituzione progettati dall'alto (*top-down*) sono una delle soluzioni tradizionali. Funzionano in questo modo i GIS realizzati da amministrazioni regionali e provinciali, ad esempio dedicati a procedure di valutazione ambientale (VAS, VIA, AIA), oppure utili per sistematizzare i dati sulla qualità dell'aria. Il numero delle informazioni territoriali attualmente rilevate è così grande che per essere utilizzate (trasferite, archiviate, comprese e valutate) richiede l'uso di sistemi informativi efficienti e interoperabili (il rispetto degli standard *Open Geospatial Consortium*, OGC). I sistemi centralizzati tradizionali risultano comunque rigidi, difficilmente scalabili al variare dell'informazione richiesta. Ad esempio i webgis istituzionali realizzati sulle procedure di VIA faticano ad adattarsi alle continue modifiche normative e procedurali della materia. Per cercare di affrontare questo problema alcuni sistemi innovativi sono implementati con caratteristiche modulabili, in grado di seguire le evoluzioni tecnologiche e dei requisiti-utente: sono sistemi “beta per sempre”.

I sistemi informativi federati e cooperativi sono soluzioni ancora più innovative, composti da molti fornitori-utenti di informazioni collegati e in grado di informarsi a vicenda (*interoperabilità tecnica e semantica*). Tali sistemi si possono

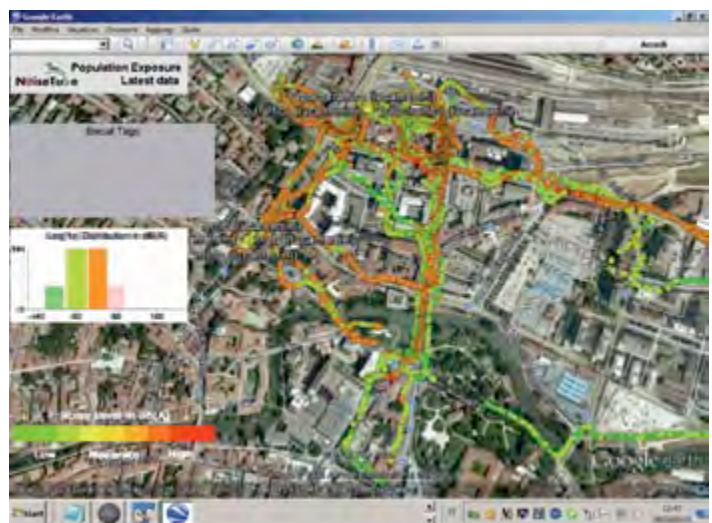
FIG. 4
WEB GIS

Sistema SIVAS della Regione Lombardia che consente di conoscere dove ci sono procedure di VAS, dati di contesto (Parchi, Zps, Sic ecc.) attraverso interrogazioni e report personalizzabili dagli utenti (www.cartografia.regione.lombardia.it/sivas).



FIG. 5
WEB GIS

Mapa di rilevazione acustica prodotta con il monitoraggio collaborativo (crowdsourcing; valori registrati dall'applicazione NoiseTube con frequenza di 1 misura ogni 1-2 secondi).



ormai realizzare in modo relativamente semplice e di fatto consentono di realizzare, per approssimazioni successive, sistemi informativi ampi e flessibili.

Loro caratteristica distintiva fondamentale è che sono sistemi sviluppati dal basso (*bottom-up*), per iniziativa di soggetti che risiedono presso gli ambienti misurati. I sistemi di monitoraggio e gli archivi ambientali interoperabili distribuiti sul territorio presentano diversi vantaggi: il decentramento oltre a favorire trasparenza ed efficacia gestionale, garantisce maggiore prossimità tra le fonti informative e i fenomeni ambientali. Queste strategie decentrate di monitoraggio ambientale prefigurano la realizzazione di organismi territoriali dotati di intelligenza distribuita (*smart-city*), capaci di adattarsi velocemente sia alle condizioni ambientali, sia all'offerta-riciesta d'informazione espressa dai molti soggetti. Queste reti possono favorire, oltre che la partecipazione in materia ambientale, anche le procedure decisionali decentrate e, in definitiva, possono essere strumento di democrazia. Funzionano già così alcuni sistemi informativi ambientali somiglianti a super-organismi cibernetici.

Il rapido sviluppo della sensoristica e della tecnologia di connettività permette nuove strategie di monitoraggio ad esempio per i piani del traffico, energetici, dell'uso del suolo ecc. Questi nuovi sistemi WSN (*Wireless Sensor Network*), connessi in rete, sono complementari alla tecnologia tradizionale, più focalizzata sulla massimizzazione della qualità di dati ottenuta con strumenti isolati, di maggiore precisione e che necessitano dell'interpolazione delle misure.

Le reti di sensori WSN hanno ancora problemi tecnici che certamente potranno essere risolti e che riguardano soprattutto la calibrazione dei sensori. La minore accuratezza del singolo dato acquisito da ogni sensore in una rete WSN è controbilanciata dalla possibilità di monitorare in continuo aree e fenomeni molto specifici. Si pensi che le ultime generazioni di *mobile-device* (smartphone, tablet ecc.) sono dotate di sensori che, combinati con tecnologie di posizionamento GPS e connettività alla rete, possono diventare nodi mobili WSN. Ad esempio sono state sperimentate piattaforme che permettono di trasformare i *mobile-device* in fonometri (es. *NoiseTube*, *NoiseWatch*, *WideNoise*). Queste piattaforme non si limitano a raccogliere la misura fisica oggettiva del rumore, ma possono registrare il vissuto soggettivo delle persone esposte, in forma di commenti alle tracce numeriche

FIG. 6
WEB GIS

Mappa di criticità acustica inserita in un GIS ottenuta da un overlay delle mappe ufficiali di classificazione acustica con quelle ottenute dal monitoraggio collaborativo.



acquisite e rappresentare i dati rilevati su webgis e basi geografiche come *Google Earth*.

Quando, oltre a piattaforme tecnologiche e sensori, sono coinvolte persone che contribuiscono volontariamente alla realizzazione di monitoraggi territoriali si parla di *crowd-sourcing* e *collaborative-monitoring* (oppure *pervasive-monitoring* se è involontario il contributo del portatore del dispositivo mobile). Le applicazioni che consentono la navigazione online delle informazioni geografiche (*geoweb*, *webgis*) possono essere usate come piattaforme di condivisione per avvicinare la domanda e l'offerta delle informazioni ambientali. Le tecnologie Web 2.0 e l'identificazione geografica delle informazioni scambiate on-line (*social geotagging*) permettono di integrare gli interessi in gioco e di fare rete (*networking*) tra gli attori del governo territoriale (*stakeholders*).

Il *geotagging* in particolare favorisce la partecipazione intelligente (*smart*) della comunità al governo del territorio, perché permette a tutti di segnalare problemi, disagi, ma anche istanze progettuali, proposte, opinioni (*governance*). In futuro l'obiettivo ambizioso a cui punta la comunità scientifica è l'interoperabilità semantica, cioè la possibilità di ottenere

reti più dinamiche e basate sui contenuti (il Web 3.0). Nel prossimo futuro si diffonderanno forme di monitoraggio ambientale realizzato attraverso piattaforme on-line in grado d'integrare le informazioni rilevate sia da reti di sensori accreditati, sia da cittadini o gruppi di utenti volontari che interagiscono in modo spontaneo (*Citizen Science* o *Volunteered Geographic Information*, VGI; Goodchild, 2007).

Le informazioni ambientali, ad esempio sull'inquinamento o sul consumo di risorse, raccolte con l'impegno volontario dei cittadini sono un caso particolare del più ampio fenomeno d'informazione online generata da una moltitudine di *utenti fornitori* (*digital-prosumer*, *user generated content*).

Il monitoraggio territoriale partecipato è un radicale cambio di prospettiva rispetto al passato che facilita la transizione da *government* a *governance* nel campo dell'informazione territoriale.

Paolo Cagnoli, Roberto Riberti

Arpa Emilia-Romagna

BIBLIOGRAFIA

P. Cagnoli, VAS, *Valutazione Ambientale Strategica. Fondamenti teorici e tecniche operative*, Palermo, Dario Flaccovio Editore, 2010.

M. F. Goodchild. *Citizens as Sensors: the World of Volunteered Geography*; pubblicato online da Springer Science, Business Media B.V. 2007.

R. Riberti, *Il rumore in una Smart City. Governance e integrazione tra conoscenza condivisa e pianificazione acustica*; tesi di laurea magistrale in SIT e telelivellamento Facoltà di Pianificazione del territorio, Università IUAV Venezia, 2012.