

## **Uno strumento per la partecipazione attiva dei cittadini alla cura e salvaguardia del territorio per la prevenzione delle emergenze ambientali**

Paolo Arcaini (\*), Gloria Bordogna (\*\*), Elisabetta Mangioni (\*) e Simone Sterlacchini (\*)

(\*) Istituto per la Dinamica dei Processi Ambientali, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IDPA)  
Piazza della Scienza 1, 20126 Milano

Tel. +390264482854, Fax: +390264482895, [simone.sterlacchini@idpa.cnr.it](mailto:simone.sterlacchini@idpa.cnr.it)

(\*\*) Istituto per il Rilevamento Elettromagnetico dell'Ambiente, Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR-IREA)  
Via Bassini 15, 20133 Milano

### **Abstract**

L'articolo propone un approccio per l'utilizzo dell'informazione geografica volontaria (VGI) che segnala eventuali condizioni anomale dell'ambiente al fine di aiutare gli amministratori, che hanno la responsabilità di prendere decisioni di governo e gestione del territorio, a pianificare interventi di salvaguardia e mitigazione. Questi ultimi possono formulare ricerche flessibili sui contenuti dei report VGI al fine di analizzarne il contenuto. La novità della proposta riguarda l'ambiente e la modalità di ricerca di report VGI sviluppati per supportare bisogni diversi, tra i quali la valutazione della qualità dei report VGI, un tema che è molto importante tenere in considerazione in queste applicazioni. Le ricerche flessibili sono formulate e valutate con un approccio definito nell'ambito dei *fuzzy database*.

### **Introduzione**

Nei progetti di Citizen Science (Bordogna et al., 2013) il livello di coinvolgimento richiesto ai volontari può variare dalla semplice messa a disposizione dei propri computer per l'esecuzione di programmi software alla definizione degli obiettivi della ricerca stessa, come nei progetti di e-democracy. Inoltre, i contributi dei volontari possono comprendere misure acquisite con l'uso di attrezzature e sensori, segnalazioni di avvistamento di oggetti di interesse, esecuzione di compiti tipicamente "umani" e infine segnalazioni di condizioni ambientali anomale come nel progetto "Did You Feel It?" dell'USGS e nell'analogo italiano "Hai sentito il terremoto?".

Nell'ambito del progetto SISTEMATI<sup>1</sup> si sta sviluppando un sistema di comunicazione in grado di informare nella fase di pre-allerta il personale preposto alla salvaguardia del territorio relativamente a situazioni anomale o che necessitano interventi per la prevenzione di rischi ambientali e industriali. A tal fine il progetto sfrutta l'informazione geografica volontaria fornita dai cittadini che sono così coinvolti nella gestione del territorio fin dalle prime fasi di definizione delle linee di intervento prioritarie.

I Comuni rendono disponibile su Internet un geoportale in cui i cittadini possono inserire segnalazioni di eventi o situazioni anomale attraverso una mappa. Tali annotazioni, oltre alla data della loro creazione e alla posizione spaziale, possono comprendere testo libero, registrazioni audio e video di eventi, segnalazioni di categorie e livelli di rischio osservati.

L'operatore attraverso il geoportale può effettuare diverse ricerche specificando condizioni di selezione delle annotazioni di vario tipo: sul contenuto testuale, sui tipi e i livelli di rischio segnalati, sulle località e le date delle annotazioni per validarne i contenuti. Infatti, uno dei maggiori

---

<sup>1</sup> Strumenti Informatici per lo Studio e il Trattamento di Emergenze Ambientali, Tecnologiche e Infrastrutturali. Progetto finanziato da MIUR e Regione Lombardia. <http://www.idpa.cnr.it/sistemati.htm>

problemi nell'utilizzo di informazione geografica volontaria è la stima della qualità dell'informazione; tale qualità dipende da diversi fattori, quali la reputazione dell'autore e la veridicità e accuratezza dei contenuti delle annotazioni. Un metodo per stimare la qualità può essere basato sul confronto tra i contenuti di annotazioni vicine tra loro sia nello spazio sia nel tempo. Un'alta densità di annotazioni che riportano le stesse segnalazioni di rischio in una certa regione nello stesso periodo rafforza la veridicità dei contenuti delle annotazioni e quindi aumenta il livello di attenzione dell'operatore che gestisce gli interventi sul territorio.

Uno strumento di questo tipo, oltre ad aumentare la consapevolezza degli amministratori sui potenziali rischi e necessità del territorio, contribuisce a coinvolgere attivamente i cittadini nella gestione del territorio stesso, ad innescare un processo virtuoso di feedback che dovrebbe, a lungo termine, migliorare la capacità del sistema di prevenire le emergenze ambientali e industriali.

### Il contesto applicativo

Il progetto SISTEMATI sta sviluppando un sistema di comunicazione distribuito, da utilizzare nelle fasi di pre-allerta, per informare gli operatori responsabili delle attività di gestione e mantenimento del territorio della presenza di situazioni anomale che richiedono assistenza per la prevenzione di rischi ambientali e industriali. Il progetto usa l'informazione geografica volontaria fornita dai cittadini (VGI) che sono coinvolti nei primi passi della gestione del territorio per definire le aree a maggiore priorità di intervento.

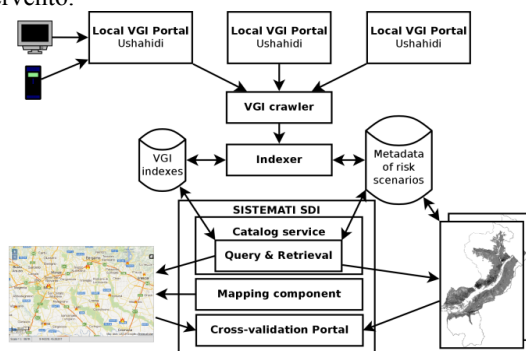


Figura 1. Il framework del progetto SISTEMATI.

Attraverso un geoportale locale connesso ad Internet il comune riceve, registra e visualizza su una mappa i report VGI creati da cittadini testimoni di eventi o situazioni anomale. L'acquisizione locale di VGI permette al comune di verificare la reputazione della sorgente dell'informazione (autore) attraverso un controllo incrociato con le banche dati locali anagrafiche. I report, insieme alla data di creazione e alla posizione spaziale, possono includere annotazioni testuali, registrazioni audio e video dell'evento, categoria e livello di rischio osservati.

I geoportali locali sono connessi a una Infrastruttura di Dati Spaziali centrale (Spatial Data Infrastructure - SDI) conforme all'architettura SDI di INSPIRE<sup>2</sup> che fornisce diverse tipologie di ricerche sui report VGI di tutti i comuni. L'operatore può ricercare i report, specificando diversi tipi di condizioni di selezione:

- *parole chiave* per selezionare report che segnalano la necessità di specifici interventi e legati a eventi critici (per esempio la necessità di liberare una strada istruita da detriti, pulire gli argini di un fiume, ecc...) per poter pianificare azioni di salvaguardia e mitigazione;

<sup>2</sup> INSPIRE Cross Drafting Teams, INSPIRE Technical Architecture Overview, INSPIRE Cross Drafting Teams Report, 05-11-2007, at <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports.cfm>

- *categorie di utenti* (per esempio comuni cittadini, volontari di protezione civile, ecc...) e *livelli di rischio* (per esempio report di fuochi di cui si vedono le fiamme) per monitorare la risposta a un'emergenza;
- *condizioni spazio-temporali*, per restringere l'analisi dei report VGI posizionati in regioni a rischio, per esempio, per selezionare report nella vicinanza di aree con un'alta densità di industrie potenzialmente inquinanti.

L'analisi dei risultati di queste ricerche può essere utile per valutare il contenuto dei report stessi. Infatti, uno dei maggiori problemi nell'uso del VGI è stimare la qualità dell'informazione che dipende da diversi fattori, come la reputazione della sorgente, la veridicità ed accuratezza dei contenuti (Devillers, Jeansoulin, 2006; Goodchild, 2012). Un metodo per stimare la qualità può essere basato sul paragone tra il contenuto testuale di report VGI vicini sia nello spazio sia nel tempo. Un'alta densità di report che segnalano lo stesso rischio in una data regione nello stesso tempo rinforzano la veridicità del loro contenuto, aumentando quindi il livello di attenzione dell'operatore responsabile della gestione degli interventi nell'area. Uno strumento di questo tipo, oltre ad aumentare la consapevolezza degli amministratori sui potenziali rischi e necessità del territorio, contribuisce a coinvolgere attivamente i cittadini nella gestione del territorio stesso, innescando un processo virtuoso che dovrebbe, a lungo termine, migliorare la capacità del sistema di prevenire le emergenze ambientali e industriali.

### L'architettura del sistema

Proponiamo un sistema distribuito rappresentato in *Figura 1*, nel quale ogni comune (a livello locale) ospita una propria installazione di Ushahidi<sup>3</sup>, che è una piattaforma open source per l'acquisizione e la gestione di report VGI. Questi sistemi locali sono connessi a una infrastruttura di dati spaziali centrale (a livello regionale) implementata come un'estensione dei sistemi open source Geonetwork<sup>4</sup> e Geoserver<sup>5</sup>. Ushahidi ("testimonianza" in Swahili) viene usato con successo in diverse situazioni in cui è importante avere sorgenti di informazione indipendenti e distribuite sul territorio, ad esempio: monitoraggio di elezioni, localizzazione delle necessità mediche durante un terremoto, segnalazione di abusi di diritti umani. Fornisce un framework basato sul web che può essere facilmente esteso per adattarsi ai bisogni di uno scenario particolare.

I cittadini di un certo comune (da ora in avanti chiamati *utenti*) si possono connettere al server locale di Ushahidi e spedire un report relativo sia a pericoli di cui sono stati testimoni, sia a richieste di interventi di mitigazione (si veda la *Figura 2*).

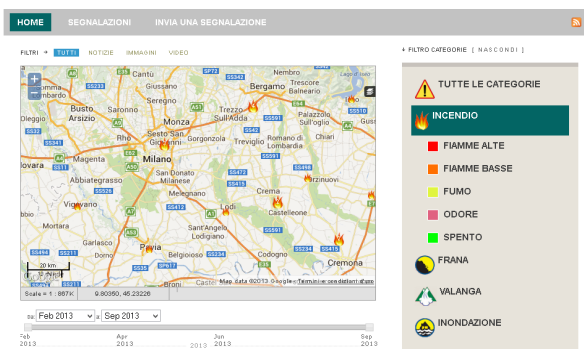


Figura 2. Geoportale VGI comunale basato su Ushahidi.

<sup>3</sup> <http://www.ushahidi.com>

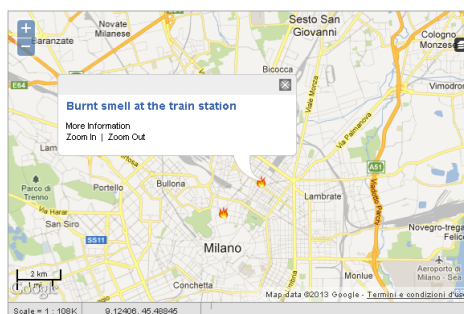
<sup>4</sup> <http://geonetwork-opensource.org/>

<sup>5</sup> <http://geoserver.org>

Per esempio, un utente può segnalare il fatto che vede fumo che esce da una stazione ferroviaria (si veda *Figura 3*).

Ogni report contiene un riferimento geografico, che può essere un poligono georeferenziato o, nel caso più semplice, un punto insieme alle sue coordinate (latitudine e longitudine), del posto in cui il rischio è stato osservato; inoltre, contiene la data in cui è stato sottomesso, un titolo, una descrizione ed una classificazione del rischio.

La *Figura 4* presenta una descrizione completa della struttura del report che abbiamo identificato nella personalizzazione della piattaforma Ushahidi per il progetto SISTEMATI.



*Figura 3. Mappa dei report VGI.*

Campo	Riferimento geografico	Data	Titolo	Descrizione	Categoria di utente	Tipo di rischio	Immagini	Video	Link a pagine web	Commenti
<b>Obbligatorio</b>	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	No	No	No

*Figura 4. Campi dei report del VGI SISTEMATI.*

Gli utenti sono categorizzati secondo il loro ruolo (per es., cittadini non registrati, cittadini appartenenti all'anagrafe del comune, pompieri, ecc...).

I server distribuiti di Ushahidi sono connessi via Internet alla SDI di SISTEMATI che consiste di tre componenti principali: un *crawler* di VGI, un *servizio di catalogazione* dei report VGI e un *componente di mappatura* spaziale dei report.

Il crawler è un programma che colleziona report VGI dai server Ushahidi locali e ne crea i metadati (Liwin, Rossa, 2011). Questi metadati, che comprendono il contenuto testuale dei report VGI e le coordinate geografiche dei centroidi della componente spaziale dei report, sono organizzati in un catalogo ed indicizzati in una collezione di indici VGI cosicché possano essere ricercati dallo staff amministrativo (*operatori*) basandosi sulla selezione di diverse condizioni attraverso il servizio di catalogo del geoportale della SDI di SISTEMATI. La SDI permette anche di accedere ai contenuti dei report VGI ed al loro riferimento geografico remoto sui server comunali attraverso la mappatura dei componenti via link.

Nella prossima sottosezione introdurremo le tipologie di ricerche.

### Tipologie di ricerche

Vogliamo permettere agli operatori che hanno in carico la gestione del territorio di eseguire diversi tipi di ricerche sui report VGI:

- *ricerche spaziali*: permettono il recupero dei report VGI il cui riferimento geografico si sovrappone a una specifica regione specificata tramite un rettangolo, chiamato *Bounding Box*

(BB). Il bounding box non è vincolato ad appartenere a un singolo comune, quindi si possono reperire report VGI creati da diverse installazioni di Ushahidi appartenenti a comuni confinanti;

- *ricerche basate sul contenuto*: permettono il recupero dei report VGI i cui campi testuali (per es. titolo, descrizione, ecc...) contengono uno o più termini della query;
- *ricerche basate sulla categoria di utente*: permettono il recupero dei report VGI di una data categoria utente (o un gruppo di categorie utenti);
- *ricerche basate sul livello di rischio*: permettono il recupero dei report VGI di un dato tipo di rischio e livello di rischio (o un gruppo di livelli di rischio);
- *ricerche temporali*: permettono il recupero dei report VGI che sono stati sottomessi in un certo intervallo temporale.

E' anche possibile richiedere che i risultati siano recuperati con una certa tolleranza sulle condizioni di selezione, specificando termini linguistici che definiscono dei vincoli chiamati *elastici*, ammettendo quindi diversi gradi di soddisfacimento della ricerche (*grado di rilevanza*) (Bosc, Prade, 1997). Queste ricerche flessibili sono modellate nell'ambito dei fuzzy database (Galindo, 2008). I report recuperati possono essere presentati in ordine decrescente di rilevanza rispetto alla query, o possono essere visualizzati sulla mappa per mezzo di icone aventi diverse dimensioni o tonalità di colore, cosicché l'icona più grande o più scura evidenzia il risultato più rilevante. Ricerche flessibili sono permesse nelle ricerche testuali, spaziali e temporali, come descritto nelle prossime sottosezioni (Bordogna et al., 2009).

#### Ricerca spaziale

Questo tipo di ricerca paragona il centroide del riferimento geografico dei report VGI con il bounding box specificato dall'operatore. Il bounding box può essere definito con un limite fuzzy, cioè con un confine spesso di larghezza  $\delta$  come in **Figura 5**, cosicché i report contenuti nel limite interno abbiano rilevanza massima, quelli fuori dal limite esterno abbiano rilevanza nulla, mentre quelli tra i due limiti abbiano un valore di rilevanza inversamente proporzionale alla loro distanza dal limite interno. Il limite fuzzy può essere specificato dall'operatore, disegnando il limite interno con un bounding box sulla mappa e specificando la tolleranza sulla distanza da questo limite.

L'utente specifica un *BB*, dando le coordinate  $(x_{sw}, y_{sw})$  del punto a SW e le coordinate  $(x_{ne}, y_{ne})$  del punto a NE. Inoltre, può anche specificare un parametro  $\delta$  che specifica la larghezza del confine spesso e viene interpretato come valore di tolleranza sulla distanza dal confine interno (distanza da *BB*); se non è specificato, assumiamo  $\delta=0$ , ovvero la ricerca è precisa e andranno quindi recuperati solo i report strettamente contenuti in *BB*. La **Figura 5** mostra un esempio di *BB* con tolleranza specificata da  $\delta$ .

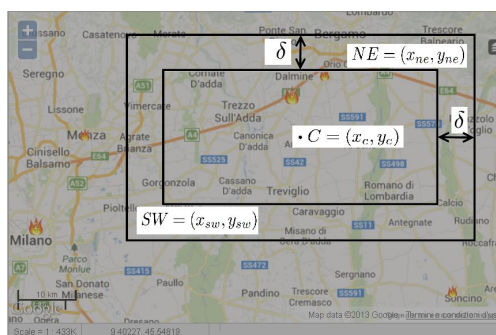


Figura 5. Bounding box con limite fuzzy.

Dato il vettore centroide di *BB* definito come segue:

$$C = (x_c, y_c) = \left( \frac{x_{sw} + x_{ne}}{2}, \frac{y_{sw} + y_{ne}}{2} \right) \quad (1)$$

e le coordinate  $(x_r, y_r)$  che rappresentano il riferimento geografico di un punto  $r$ , la distanza di  $r$  da  $BB$  può essere definita nel modo seguente:

$$dist(r, BB) = \max \left( \begin{array}{l} |x_r - x_c| - (x_c - x_{sw}), \\ |y_r - y_c| - (y_c - y_{sw}) \end{array} \right) \quad (2)$$

La distanza è negativa se  $r$  è contenuto in  $BB$ . Il grado di rilevanza (*Relevance Status Value* (RSV)) di una ricerca spaziale tollerante è calcolato dalla seguente funzione spaziale:

$$RSV = f(r, BB, \delta) = \begin{cases} 1 & \text{if } dist(r, BB) \leq 0 \\ \frac{\delta - dist(r, BB)}{\delta} & \text{if } 0 < dist(r, BB) < \delta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

### Ricerca temporale

L'operatore può formulare ricerche temporali tolleranti specificando valori linguistici che definiscono vincoli temporali elastici sulle date (De Caluwe et al., 2000) dei report usando funzioni di appartenenza a forma trapezoidale come quella mostrata in **Figura 6**.

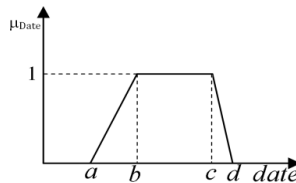


Figura 6. Vincolo temporale elastico.

Tali funzioni trapezoidali sono lineari a tratti e sono definite attraverso quattro valori  $(a, b, c, d)$  sul dominio *Date* tali che  $a \leq b \leq c \leq d$ . Il meccanismo di valutazione di queste ricerche calcola come RSV il grado di soddisfacimento sul vincolo elastico sulla data  $x$  del report in questo modo:  $RSV = \mu_{Date}(x)$ , dove  $\mu_{Date}$  è definita nel modo seguente:

$$\mu_{Date}(x) = \begin{cases} 0 & \text{if } x \leq a \vee x \geq d \\ (x-a)/(b-a) & \text{if } a < x < b \\ 1 & \text{if } b \leq x \leq c \\ (d-x)/(d-c) & \text{if } c < x < d \end{cases}$$

### Ricerca testuale

L'operatore può specificare query testuali in linguaggio naturale. In questo caso vengono reperiti tutti i report in ordine decrescente di RSV, adottando il modello vettoriale di retrieval (Salton, McGill, 1986). In questo modello sia le query utente sia i report VGI sono rappresentati da vettori nello spazio definito dai termini che contengono, e la rilevanza di un report rispetto a una query è funzione della distanza dei due vettori generalmente misurata dal coseno dell'angolo tra i vettori stessi. Più piccolo è l'angolo, più i due vettori sono vicini e quindi più il coseno si avvicina a 1, vale a dire più il report è rilevante rispetto alla query.

### Ricerca combinata

Per selezionare i report, l'operatore può effettuare ricerche combinate specificando più vincoli elastici di diverso tipo. In questo caso, gli RSV di ogni singolo vincolo sono combinati assumendo che si desidera il loro simultaneo soddisfacimento: questa semantica di simultaneità è modellata da un operatore di congiunzione, una T-norm, che nell'ambito della teoria dei fuzzy set può essere definita dal minimo dei RSV. Nel caso di ricerche precise (come nelle categorie utente), l'RSV è binario  $\{0,1\}$ : 1 se il vincolo è soddisfatto, 0 altrimenti.

Un esempio di ricerca combinata potrebbe essere: "trova tutti i report VGI sottomessi da un volontario della protezione civile che segnala di aver visto del fuoco vicino alla stazione di Milano, non più tardi di ieri". In questa query i vincoli che si richiede siano soddisfatti simultaneamente sono i seguenti: la categoria dell'utente deve essere "protezione civile"; la categoria di rischio deve essere "incendio" e il livello di rischio "avvistamento fuoco"; la posizione deve essere indicata da un BB

con confine spesso centrato nella stazione centrale di Milano; infine i report devono essere stati creati non prima delle precedenti 24 ore alla data corrente, condizione che può essere specificata da un vincolo temporale fuzzy.

### Tipi di visualizzazione

A livello regionale abbiamo costruito una mappa VGI globale che visualizza tutti i report dei singoli comuni. Ogni metadato di un singolo report contiene un link alla mappa globale che permette di ingrandire l'area del report corrispondente: in questo modo un singolo report può essere analizzato insieme ai report vicini (potenzialmente semanticamente correlati). Ogni metadato contiene anche alcuni campi del report originale e un link al report originale su *Ushahidi*.

### Validazione di report VGI

Quando si lavora con report VGI, si deve affrontare il problema della loro validazione. Infatti un utente può inserire un report non attendibile per diversi motivi:

- errore nell'usare la piattaforma (per esempio scegliendo accidentalmente il valore sbagliato nel classificare un report di rischio);
- sovrastimando o sottostimando un rischio osservato;
- scegliendo di proposito di creare un report falso per un qualche fine.

Per poter validare le informazioni ricevute, possiamo usare due tecniche diverse, *ex-ante* e *ex-post*, distinguibili in base al momento della validazione (Bordogna et al., 2013).

Le tecniche *ex-ante* hanno lo scopo di prevenire la creazione di report VGI di bassa qualità. Per esempio, alcune tecniche sono:

- la sottomissione di report è accettata solo da particolari classi di utenti fidati;
- la sottomissione del report viene guidata da form che accedono a vocabolari controllati oppure danno suggerimenti visuali. Per esempio, se l'utente vuole sottomettere informazioni su un incendio, il sistema potrebbe mostrare delle immagini da usare come paragone con l'incendio osservato. In questo modo l'utente è supportato nell'identificare il livello di rischio.

Le tecniche *ex-post*, invece, rimuovono o classificano i report dopo che questi sono stati creati. Alcune tecniche sono:

- la classificazione dell'utente può essere usata per assegnare un valore ai report. Messaggi di utenti registrati sono considerati più attendibili di quelli dati da utenti non registrati. Inoltre, tra gli utenti registrati, i report degli utenti esperti (per esempio vigili del fuoco) potrebbero avere un impatto maggiore di quelli di un volontario;
- i report potrebbero essere validati utilizzando delle *mappe di pericolosità*. Un sistema di previsioni di pericolosità, dato il valore corrente di alcuni parametri dinamici (ad esempio temperatura, umidità, ecc...), restituisce una mappa della pericolosità che rappresenta la probabilità che un certo disastro naturale/ambientale possa accadere nell'area di interesse, in un dato intervallo di tempo. La sua validazione con il VGI può portare a due situazioni:
  - *inconsistenza*: i report VGI dei rischi accadono all'interno di aree considerate sicure dalle mappe di pericolosità. Un singolo report in un'area sicura potrebbe essere considerato con una priorità bassa.
  - *consistenza*: un singolo report VGI riferito ad un'area considerata pericolosa dovrebbe essere valutato con maggiore attenzione.

### Conclusioni

L'utilizzo di VGI avviene per diversi motivi e scopi. Uno degli ambiti in cui VGI viene usato è quello in cui l'utente agisce come un *sensore (human sensor)*, ovvero effettua alcune misure sull'oggetto di interesse: nel progetto “*Did you feel it?*”<sup>6</sup> e nell'analogo progetto italiano “*Hai sentito il terremoto?*”<sup>7</sup>, gli utenti possono dare informazioni sulla loro percezione di un terremoto.

---

<sup>6</sup> <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/dyfi/>

<sup>7</sup> <http://www.haisentitoilterremoto.it/>



Al tempo stesso, il problema della validazione della VGI è stato già affrontato in letteratura. In (Ostermann, Spinsanti, 2010) viene presentato un approccio per validare i report VGI. L'approccio è basato sulla valutazione della reputazione della sorgente, sulla distribuzione temporale e spaziale dei singoli report VGI, e sulla corrispondenza tra diverse VGI che arrivano da sorgenti diverse (per esempio messaggi Twitter e foto su Flickr). In (Goodchild, 2012) gli autori propongono tre approcci per validare report VGI:

- nell'approccio *crowd-sourcing* gli stessi utenti finali validano l'informazione;
- nell'approccio *social* alcuni utenti sono considerati più affidabili di altri (per esempio perché hanno fornito molti report VGI corretti nel passato) e quindi hanno alcuni privilegi (per esempio cancellare pagine o bloccare utenti su Wikipedia) che non sono dati ad un utente normale;
- nell'approccio *geografico*, regole geografiche standard sono usate per identificare VGI che si scosta dalle regole. Per esempio, se un'area è conosciuta come riserva naturale senza attività commerciali, una VGI che indica la presenza di un ristorante nell'area è considerato inaffidabile.

Inoltre, i classici sistemi di gestione VGI normalmente forniscono tipologie base di filtri per selezionare sottoinsiemi di report VGI, per esempio quelli di una certa categoria di utente, categoria di rischio, ecc... Ad oggi, sono relativamente scarsi i lavori che presentano sistemi che sfruttano le sinergie tra VGI, GIS e SDI (Díaz et al., 2012). Il nostro lavoro, oltre a sfruttare questa sinergia, ha l'obiettivo di indicizzare e ricercare il contenuto dei report VGI allo scopo di stimarne la qualità. Per questo motivo proponiamo l'adozione di un linguaggio di ricerca flessibile per poter specificare selezioni tolleranti di condizioni così da ottenere risposte distinte.

## Ringraziamenti

Questo lavoro è stato sviluppato nell'ambito del progetto SISTEMATI.

## Riferimenti bibliografici

- Bordogna G., Pagani M., Pasi G., Psaila G. (2009), "Managing uncertainty in location-based queries, Fuzzy Sets and Systems", 160 (15), 2241-2252.
- Bordogna G., Carrara P., Criscuolo L., Pepe M., Rampini A. (2013), "An approach to Assess the Quality of Volunteer Geographic Information for Citizen Science", Information Science.
- Bosc P., Prade H. (1997), "An introduction to the fuzzy set and possibility theory-based treatment of flexible queries and uncertain and imprecise databases", in: A. Motro, P. Smets (Eds.), Uncertainty Management in Information Systems, Kluwer, Dordrecht, 285-324.
- De Caluwe R., de Tré G., Van der Cruyssen B., Devos F., Maesfranckx P. (2000), "Time management in fuzzy and uncertain object-oriented databases", in Knowledge management in fuzzy databases, O. Pons, M.A. Vila, J. Kacprzyk Eds, Physica Verlag.
- Devillers, R., Jeansoulin, R. (2006), *Fundamentals of spatial data quality*. ISTE Ltd, USA.
- Galindo, J. Ed. (2008), *Handbook of Research on Fuzzy Information Processing in Databases*. IGI Global.
- Díaz, L., Nuñez-Redó, M., González, D., Gil, J., Aragón, P., Pultar, E., Huerta, J. (2012), "Interoperable search mechanism for Web 2.0 resources", International Journal of Spatial Data Infrastructure Research, vol. 7.
- Goodchild, M.F., Li, L. (2012), "Assuring the quality of volunteered geographic information", Spatial Statistics, 1, 110-120.
- Liwin L., Rossa M. (2011), *Geoinformation Metadata in Inspire and SDI*, Springer Verlag.
- Ostermann F., Spinsanti L. (2010), "Validation and Relevance Assessment of Volunteered Geographic Information in the Case of Forest Fires", 2nd Int. Workshop On Validation Of Geo-Information Products For Crisis Management, 101-108.
- Salton G., McGill, M.J. (1986). *Introduction to Modern Information Retrieval*. McGraw-Hill, Inc., New York, NY, USA.